

TECNOLOGIA, INVESTIGAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E OS DESAFIOS DO SÉCULO XXI

ORGANIZADORES

Claudio Luis de Araujo Neto,
Julio Cesar Bresolin Marinho,
Weruska Brasileiro Ferreira

realize Editora

ISBN: 978-65-86901-03-0

CONSELHO EDITORIAL

Amanda Laurentino Torquato - UFCG
Cláudio Luis de Araújo Neto - UNINASSAU
Danielle Freire de Araújo - UNINASSAU
Elisangela Maria da Silva - UFCG
George Antonio Belmino da Silva - UFCG
Julio Cesar Bresolin Marinho - UNIPAMPA
Thiago Santos de Almeida Lopes - UFCG
Weruska Brasileiro Ferreira - UEPB
Whelton Brito dos Santos - UFCG

realize
Editora

Rua Aristides Lobo, 331, Bairro: São José,
Campina Grande - PB, CEP 58400-384
http://www.editorarealize.com.br | contato@portalrealize.com.br

Claudio Luis de Araujo Neto,
Julio Cesar Bresolin Marinho,
Weruska Brasileiro Ferreira

Tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI

realize Editora

2020

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

T255 Tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI / organizadores, Cláudio Luis de Araújo Neto, Júlio César Bresolin Marinho, Weruska Brasileiro Ferreira. - Campina Grande: Realize eventos, 2020.
975 p. : il.

ISBN 978-65-86901-03-0

1. Desenvolvimento tecnológico. 2. Sustentabilidade. 3. Investigação científica. 4. Ensino de Ciências. I. Araújo Neto, Cláudio Luis de. II. Marinho, Júlio César Bresolin. III. Ferreira, Weruska Brasileiro.

21. ed. CDD 303.483

Elaborada por Giulianne M. Pereira CRB 15/714

SUMÁRIO

A DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE UM TUMOR: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS NA LICENCIATURA EM MATEMÁTICA 13-32
IGOR RAPHAEL SILVA DE MELO, ROGER RUBEN HUAMAN HUANCA, NOEMITA RODRIGUES DA SILVA

A PERCEPÇÃO DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA DA UTILIZAÇÃO DE FOTONOVELAS COMO RECURSO DIDÁTICO: UMA PROPOSTA DE DISCUSSÃO DO PROFESSOR SUPERVISOR DE ESTÁGIO 33-48
ADRIANA OLIVEIRA BERNARDES

A UTILIZAÇÃO DO TANGRAM NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ALUNOS COM TDAH NAS AULAS DE MATEMÁTICA. 49-63
TICIANY MARQUES DA SILVA, LEONARDO LIRA DE BRITO

ABORDAGEM SOBRE A EDUCAÇÃO DE SURDOS NOS ANAIS DO CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS (CONAPESC) 64-79
CAMILA INGRID DA SILVA LINDOZO, RAFAELA ALCÂNTARA BARROS DE OLIVEIRA, KARLENE FELIX DOS SANTOS, RENATO AMORIM DA SILVA

ADSORÇÃO DE CIANOTOXINAS EM CARVÃO ATIVADO: CINÉTICA, ISOTERMAS E PARÂMETROS TERMODINÂMICOS. 80-99
MARIA VIRGÍNIA DA CONCEIÇÃO ALBUQUERQUE, WILTON SILVA LOPES, JUANNE NOGUEIRA NASCIMENTO, RAFAELA BARBOSA SANTOS

ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES ARGILAS ORGANOFÍLICAS NO TESTE DE INCHAMENTO DE FOSTER 100-116
THIANNE SILVA BATISTA BARBOSA, THIAGO RODRIGO BARBOSA BARROS, TELLYS LINS ALMEIDA BARBOSA, MEIRY GLAUCIA FREIRE RODRIGUES

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS (RODS) NO PROCESSO DE VERMICOMPOSTAGEM COMO PRÁTICA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL 117-135
PALOMA KESSIA S. SILVA, MARISA DE OLIVEIRA APOLINÁRIO, MICHELLE GOMES SANTOS, ANA REGINA NASCIMENTO CAMPOS

APROVEITAMENTO INTEGRAL DOS ALIMENTOS NA VISÃO DE POVOS INDÍGENAS DO ALTO DO RIO NEGRO/AMAZONAS 136-151
ALINE SOBREIRA BEZERRA

ÁRVORE DE FALHAS APLICADA AO PROCESSO DE GESTÃO - INSTRUMENTOS DA POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL 152-171
CÍCERO FELLIPE DINIZ DE SANTANA, WILSON FADLO CURI, VIRGÍNIA DA COSTA BRITO, ALINE PESSOA BEZERRA

AS BACTÉRIAS E SUAS RELAÇÕES COM A SAÚDE HUMANA: O QUE PENSAM OS ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA? 172-186
CLÉCIO DANILO DIAS-DA-SILVA, LUCIA MARIA DE ALMEIDA, DANIELE BEZERRA DOS SANTOS

AS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: CONCEPÇÕES DOS LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE O ENSINO HÍBRIDO 187-201
ELAINE FERNANDA DOS SANTOS, SINDIANY SUELEN CADUDA DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA CASCA DE COCO VERDE IN NARURA E PÓS-TRATAMENTO QUÍMICO COMO BIOMASSA ADSORVENTE 202-218
ANDREZZA DE ARAÚJO SILVA GALLINDO, ERIVALDO GENUINO LIMA, PABLÍCIA OLIVEIRA GALDINO, SARA REGINA RIBEIRO CARNEIRO DE BARROS

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL DO ATERRO SANITÁRIO EM CAMPINA GRANDE – PB 219-233
RENAN ÍTALO LEITE GURJÃO, WILLIAM DE PAIVA, CLÁUDIO LUIS DE ARAÚJO NETO

CONCEPÇÕES DE FUTUROS PROFESSORES DE MATEMÁTICA SOBRE O ERRO DO ALUNO 234-248
JOSÉ FERREIRA DOS SANTOS JÚNIOR, PEDRO LUCIO BARBOZA

CONCEPÇÕES SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E SEU ENSINO: O QUE SE SABE A RESPEITO? 249-266
CAUAY VIANNA GAZELE, ANA GABRIELA CAVALCANTE PEREIRA SANTOS COSTA

DEBATE COMO INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NO ENSINO SUPERIOR E A MOTIVAÇÃO DE ACADÊMICOS NA DISCIPLINA DE QUÍMICA 267-285
THIAGO WESLEI DE ALMEIDA SOUSA

DESAFIOS NO ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM UM CURSO DE LICENCIATURA EM EDUCAÇÃO DO CAMPO 286-301
ALEXANDRE LEITE DOS SANTOS SILVA, GARDNER DE ANDRADE ARRAIS, TAMARIS GIMENEZ PINHEIRO, SUZANA GOMES LOPES

DESIGN THINKING APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM BORRACHA RECICLADA 302-317
PABLO MARCEL DE ARRUDA TORRES

EDUCAÇÃO DE SURDOS: O ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA PARA A COMUNIDADE SURDA CONTEMPLADO NOS ANAIS DO CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU) 318-335
CRISLAINE MARIA DA SILVA, RAFAELA ALCÂNTARA BARROS DE OLIVEIRA, ANDERSON THIAGO MONTEIRO DA SILVA, JEFFERSON MATHEUS ALVES DO AMARAL

EFICIÊNCIAS E EFETIVIDADES DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO. 336-354
BRUNO GOMES CUNHA

ENCONTRO ENTRE O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA 355-369
ANA GABRIELA CAVALCANTE PEREIRA SANTOS COSTA

ENGENHARIA DE SEGURANÇA NO TRABALHO: AVALIAÇÃO DOS LABORATÓRIOS QUÍMICOS CIENTÍFICOS 370-389
VERONICA EVANGELISTA DE LIMA, JOELLYSON FERREIRA DA SILVA BORBA, EDILANE LARANJEIRA PIMENTEL, ANTONIO AUGUSTO PEREIRA DE SOUSA

ENSINO DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA INCLUSIVA PARA ALUNOS SURDOS 390-404
ALBANEIDE FERNANDES WANDERLEY, SAMILA DA SILVA GABRIEL, NATHALIA BENTO RAMOS

ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM QUÍMICA: DESENVOLVENDO FICHAS DE EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA COM O USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS 405-420
EVERTON VIEIRA DA SILVA, FRANCISCO ANTONIO MABSON HENRIQUE LOPES , EGLE KATARINNE SOUZA DA SILVA, DARLEI GUTIERREZ DANTAS BERNARDO OLIVEIRA

ESTRATÉGIA VINGADORES – UMA ABORDAGEM CONSTEXTUALIZADA PARA TRABALHAR A QUÍMICA DOS COMPOSTOS HALOGENADOS A PARTIR DE UM JURI SIMULADO. 421-440
ANA PAULA FREITAS DA SILVA

ESTUDO COMPARATIVO DE ESCOAMENTOS AERODINÂMICOS TURBULENTOS UTILIZANDO CFD 441-455
KETOLLY NATANNE DA SILVA LEAL, LETICIA DOS REIS DARCIE , RODRIGO ALVES BURITI DA COSTA

ESTUDO DA ESTABILIDADE DE FILMES DE POLI(CLORETO DE VINILA) ADITIVADO COM QUITOSANA POR ANÁLISE DE PCA 456-475
RAQUEL MARQUES DOS SANTOS

ESTUDO DE ADSORÇÃO UTILIZANDO A CORTIÇA (QUERCUS SUBER) PARA ADEQUAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 476-491
FRANCISCO CARLOS DE MEDEIROS FILHO

ESTUDOS IN SILICO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIFÚNGICO DA CUMARINA 2H-1-BENZOPIRANO-2-ONA SOBRE CANDIDA SPP. 492-507
LAISA VILAR CORDEIRO, HELIVALDO DIÓGENES DA SILVA SOUZA, EDELTRUDES DE OLIVEIRA LIMA, MARIA DAS NEVES SILVA NETA

FORMULÁRIOS ONLINE: METODOLOGIAS DIGITAIS NO TRABALHO DOCENTE SUSTENTÁVEL 508-527
MARCILA DE ALMEIDA, PATRÍCIA CRISTINA DE ARAGÃO

GESTÃO CIRCULAR DAS ÁGUAS: ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO 528-542
MATEUS CUNHA MAYER, RODRIGO DE ANDRADE BARBOSA, GEORGE RODRIGUES LAMBAIS, JOÃO PAULO DE OLIVEIRA SIMÕES

IMOBILIZAÇÃO CELULAR E SUAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES EM BIOPROCESSOS: UMA REVISÃO 543-557
MARIA DE FÁTIMA FARIAS ROCHA

INOVAÇÃO E PATENTES NO BRASIL: UMA ABORDAGEM COM ENFOQUE NO SETOR FARMACÊUTICO 558-574
YANNA CAROLINA FERREIRA TELES, DIÉGINA ARAÚJO FERNANDES, MILEN MARIA MAGALHAES DE SOUZA FERNANDES

INVESTIGAÇÃO DA AÇÃO ANTIMICROBIANA DO ÓLEO DE COPAÍBA (COPAIFERA LANGSDORFFII DESF.) PARA INIBIÇÃO DA MASTITE: STAPHYLOCOCCUS AUREUS 575-589
CLEBER DA SILVA TORRES, RODRIGO ALVES BURITI DA COSTA, KETOLLY NATANNE DA SILVA LEAL, LETICIA DOS REIS DARCIE

INVESTIGAÇÃO DO DESEMPENHO IN VIVO DE COMPÓSITOS DE ALUMINA/FOSFATO DE CÁLCIO (CAPS) VISANDO SUA APLICAÇÃO COMO MATERIAL PARA RECONSTRUÇÃO ÓSSEA 590-610
MARCELINO GUEDES DE LIMA, ANA CRISTINA FIGUEIREDO DE MELO COSTA, ADRIANO LIMA DA SILVA, ELÍRIA MARIA DE JESUS AGNOLON PALLONE

LEISHMANIOSE VISCERAL NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA, 2012-2017 611-627
ALLAN BATISTA SILVA, REBECA ROCHA CARNEIRO, HENRIQUE DOS SANTOS RAMOS SILVA, RUBIA DAYANE FONTES MONTEIRO

LUDICIDADE E EXPERIMENTO DEMONSTRATIVO NA REGÊNCIA DO ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO EM QUÍMICA II 628-642
JOSÉ GORETE PEDROZA DA LACERDA, FRANCISCO ANTONIO MABSON HENRIQUE LOPES , EGLE KATARINNE SOUZA DA SILVA, DARLEI GUTIERREZ DANTAS BERNARDO OLIVEIRA

MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA METODOLOGIA INTERATIVA PARA O ENSINO APRENDIZAGEM 643-658
MÁRCIA BARBOSA DE SOUSA, VITÓRIA MARÍLIA FERREIRA LIMA SILVA, EVELINE DE ABREU MENEZES, VANESSA LUCIA RODRIGUES NOGUEIRA

MAPEANDO PRODUÇÕES SOBRE O USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS 659-674
ANYELLE DA SILVA PEREIRA PEIXOTO, ABIGAIL NOADIA BARBALHO DA SILVA, CLÉCIO DANILO DIAS-DA-SILVA

O APRENDER CRIATIVO ATRAVÉS DOS PROJETOS COM MICROBIT NA EDUCAÇÃO STEM 675-690
MÁRCIA CRISTINA PALHETA ALBUQUERQUE, WELLINGTON DA SILVA FONSECA, DAVID GENTIL DE OLIVEIRA, JOSELINE MELO CORRÊA

O DESENVOLVIMENTO DA HABILIDADE DE IDENTIFICAR ÁLCOOIS EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA 691-709
JOSÉ OLÍMPIO DE OLIVEIRA NETO, ANALICE DE, CRISTIANO DE ALMEIDA CARDOSO MARCELINO JR

O ENSINO DE BIOLOGIA E USO DE TIC: A PERCEPÇÃO DOCENTE DAS ESCOLAS PÚBLICAS DO MACIÇO DE BATURITÉ (CEARÁ, BRASIL) E LUANDA (ANGOLA) 710-725
VANESSA LUCIA RODRIGUES NOGUEIRA, EVELINE DE ABREU MENEZES, CRISTINA ANGELO LUCALA, MÁRCIA BARBOSA DE SOUSA

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ASTRONOMIA 726-742
NEILA ANDRADE TOSTES LOPEZ DOS SANTOS, ANA CAROLINE GONÇALVES GOMES DOS SANTOS

O USO DA CALCULADORA NAS AULAS DE MATEMÁTICA DO ENSINO MÉDIO: REFLETINDO SOBRE O PAPEL DO PROFESSOR E SUAS CONCEPÇÕES 743-761
JOSÉ EDIVAM BRAZ SANTANA

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO BIODIESEL DE ÁCIDOS GRAXOS DE BAIXA QUALIDADE UTILIZANDO PLANEJAMENTO FATORIAL E CATALISADOR NI0,5ZN0,5FE2O4 762-779
ADRIANO LIMA DA SILVA, ANA CRISTINA FIGUEIREDO DE MELO COSTA, JOELDA DANTAS, ANA FLÁVIA FELIX FARIAS

OXIDAÇÃO DE SULFETOS: UMA ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR OS PROBLEMAS COMUNS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO QUE UTILIZAM REATORES UASB 780-795
RODRIGO DE ANDRADE BARBOSA, SALOMÃO DE SOUSA MEDEIROS, GEORGE RODRIGUES LAMBAIS, JOSÉ TAVARES DE SOUSA

POTENCIALIDADES DO JOGO BINGO MATEMÁTICO PARA O ENSINO DE EQUAÇÕES DE PRIMEIRO GRAU E AS QUATRO OPERAÇÕES FUNDAMENTAIS DA MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO 796-811
EMILY DE VASCONCELOS SANTOS, MARIANA FERREIRA DE SOUZA ROCHA, GUSTAVO HENRIQUE RAMOS REINALDO DE OLIVEIRA COSTA, REBEKA SABRYNA FREITAS

PRODUÇÃO DE MEMBRANAS CERÂMICASDE BAIXO CUSTO: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SINTERIZAÇÃO 812-826
EDILANIA SILVA DO CARMO, MEIRY GLAUCIA FREIRE RODRIGUES, LEONARDO ROMERO BRITO SILVA, TELLYS LINS ALMEIDA BARBOSA

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: ANÁLISE DE PATENTES SOBRE JOGOS EDUCATIVOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA 827-842
EGLE KATARINNE SOUZA DA SILVA, DARLEI GUTIERREZ DANTAS BERNARDO OLIVEIRA, EVERTON VIEIRA DA SILVA, FRANCISCO ANTONIO MABSON HENRIQUE LOPES

RESGATANDO COMPETÊNCIAS E HABILIDADES BÁSICAS IMPRESCINDÍVEIS NA DISCIPLINA DE MATEMÁTICA PARA OS ALUNOS DOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL 843-858
NOEMITA RODRIGUES DA SILVA, JOSÉ JOELSON PIMENTEL DE ALMEIDA, IGOR RAPHAEL SILVA DE MELO

SÍNTESE POR REAÇÃO DE COMBUSTÃO DO COMPÓSITO FERRÍTICO CO-BA E SUA APLICAÇÃO CATALÍTICA NA OBTENÇÃO DE ÉSTER METÍLICO 859-875
JULYANNE RODRIGUES DE MEDEIROS PONTES, JOELDA DANTAS, ELVIA LEAL, ANA CRISTINA FIGUEIREDO DE MELO COSTA

SÍNTESE ZINC IMIDAZOLATE FRAMEWORKS-8: INFLUÊNCIA DA ETAPA DE LAVAGEM NA ESTRUTURA 876-894
DIOGO PIERRE ALVES RODRIGUES, TELLYS LINS ALMEIDA BARBOSA, MEIRY GLAUCIA FREIRE RODRIGUES

TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA SOBRE CATALISADORES HETEROGÊNEOS: INFLUÊNCIA DO SUPORTE 895-910
THIAGO RODRIGO BARBOSA BARROS, ERIVALDO GENUINO LIMA, THIANNE SILVA BATISTA BARBOSA, MEIRY GLAUCIA FREIRE RODRIGUES

TRANSMISSÃO DE MCU UTILIZANDO ROBÓTICA EDUCACIONAL 911-927
NALTILENE TEIXEIRA COSTA SILVA

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA 928-942
ANA ALICE QUINTANS DE ARAUJO, RUTH SILVEIRA DO NASCIMENTO, RUI DE OLIVEIRA

“A CIÊNCIA ONÍVORA”: UMA CONSTRUÇÃO CIENTÍFICA EM SALA DE AULA NO CURSO DE FÍSICA DO CFP/UFCG 943-959
ISAMARC GONÇALVES LÔBO, RAFAEL DALYSON DOS SANTOS SOUZA

“DESPERTANDO AS ENERGIAS CÍVICAS DA JUVENTUDE BRASILEIRA”: A MOBILIZAÇÃO JUVENIL DURANTE O ESTADO NOVO 960-975
ANDRESSA BARBOSA DE FARIAS LEANDRO

PREFÁCIO

Tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI

Prefácio

Pretto e Pinto (2006) nos mostram que as tecnologias eram vistas como meras extensões dos sentidos do homem. No entanto, os autores concebem que, nos dias atuais, elas devem ser compreendidas como algo mais profundo, que interfere no próprio sentido da existência humana. A investigação é uma forma de produção de novos conhecimentos e que nos possibilita conhecer aquilo que não é conhecido. Rocha (2011, p. 109) problematiza a noção de "sustentabilidade" e acaba propalando que ela se encontra "atrelada àquela de 'proteção' da natureza e a de desenvolvimento como contraditória a preservação dos recursos e a manutenção dos equilíbrios naturais". No cenário atual, são muitos os desafios para o século XXI. Dessa forma, a IV edição do Congresso Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (CONAPESC), realizada no ano de 2019 buscou problematizar essas questões.

A intencionalidade da IV edição do CONAPESC foi de provocar a comunidade, acadêmica ou não, para as possibilidades de diálogos entre o avanço tecnológico e a preocupação com a exploração de recursos naturais, a obsolescência, o consumo, a logística reversa e com temas que estão associados aos debates da sustentabilidade do planeta. Escolhemos esse foco de discussão por compreendermos como urgente e emergente a necessidade de se encontrar alternativas sustentáveis que garantam o avanço da Ciência tanto nas pesquisas, quanto nos debates que envolvem o Ensino de Ciências no século XXI.

Durante os três dias do evento (22, 23 e 24 de agosto), por meio de – palestras, mesas de discussões, socialização de apresentação de trabalhos, sessão de jovens pesquisadores, mostras científicas e minicursos – foi possível a realização de profícuas discussões entre pesquisadores iniciantes e experientes. Dentre os temas que fomentaram as discussões destacamos: a Educação e Popularização da Ciência como uma articulação necessária em busca da sustentabilidade ambiental; a discussão atual sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; o enfretamento dos desastres ambientais no Brasil; as tecnologias para gestão e tratamento de resíduos sólidos urbanos; os recursos hídricos (gestão, disponibilidade, tecnologias e o uso sustentável); as novas energias para vencer a crise energética

mundial; o Ensino nas Licenciaturas e finalizamos o evento, com o auxílio da Profª. Rosária Sperotto (Universidade Federal de Pelotas – UFPel), pensando em como as tecnologias podem atuar como aliadas para as aprendizagens no século XXI.

Infelizmente, os registros das discussões presenciais ficaram restritas aos participantes que, durante os três dias do evento, estiveram no Centro de Convenções Raymundo Asfora em Campina Grande, PB. No entanto, agora compartilhamos com vocês esse E-book, o qual traz uma diversidade de discussões referente a temática do IV CONAPESC “Tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI”, realizadas por pesquisadores de 17 diferentes instituições de pesquisa de nosso país.

As discussões aqui apresentadas versam sobre: inovação e patentes no Brasil (ênfase no setor farmacêutico); análise da situação epidemiológica da leishmaniose visceral no Brasil (2012-2017); Engenharia de segurança no trabalho; avaliação do tempo de vida útil de aterro sanitário; alternativas para minimizar os problemas comuns em estações de tratamento de esgoto; escoamentos aerodinâmicos turbulentos utilizando CFD; eficiências e efetividades de sistemas geotérmicos para geração de energia; transesterificação do óleo de soja sobre catalisadores heterogêneos; otimização do processo de produção biodiesel; produção de membranas cerâmicas de baixo custo; utilização de tecnologias de dessalinização de água.

Outros temas mais específicos relacionam-se a: síntese zinc imidazolate frameworks-8; análise comparativa de diferentes argilas organofílicas no teste de inchamento de foster; estabilidade de filmes de poli (cloreto de vinila) aditivado com quitosana por análise de PCA; avaliação da composição da casca de coco verde in narura e pós-tratamento químico como biomassa adsorvente; síntese por reação de combustão do compósito ferrítico co-ba e sua aplicação catalítica na obtenção de éster metílico; investigação do desempenho in vivo de compósitos de alumina/fosfato de cálcio (CAPS) visando sua aplicação como material para reconstrução óssea; imobilização celular e suas principais aplicações em bioprocessos; absorção de cianotoxinas em carvão ativado; design thinking aplicado no desenvolvimento de produtos em borracha reciclada; estudo de adsorção utilizando a cortiça para adequação de propriedades físico-químicas de águas subterrâneas; estudos in silico e avaliação do potencial antifúngico da cumarina 2h-1-benzopirano-2-ona; investigação da ação antimicrobiana do óleo de copaíba.

Também encontrará discussões relacionadas ao Ensino de Ciências, abordando os seguintes temas: Ensino por Investigação; Aprendizagem Significativa; Educação Ambiental; ensino e aprendizagem de Matemática, Química, Biologia e Física; Educação Inclusiva (destaque para investigações sobre educação de surdos); licenciaturas (Educação do Campo, Química, Física, Biologia e Matemática); ensino da evolução biológica; uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências; robótica educacional.

Aproveitamos essa apresentação para agradecer a todos os participantes que, durante os três dias do IV CONAPESC, nos auxiliaram a pensar sobre tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI. Ainda, desejamos que a leitura dos trabalhos desse E-book possa servir como inspiração e que proporcione reflexões aos trabalhos que esteja desenvolvendo.

Julio Cesar Bresolin Marinho

Weruska Brasileiro Ferreira

Claudio Luis de Araujo Neto

Referências

PRETTO, Nelson; PINTO, Cláudio da Costa. Tecnologias e novas educações. Rev. Bras. Educ., Rio de Janeiro, v. 11, n. 31, p. 19-30, abr. 2006.

ROCHA, Jefferson Marçal da. Sustentabilidade compatível: por uma nova ética técnico-socioambiental nos paradigmas do desenvolvimento. In: PICHLER, Nadir Antônio; PADILHA, Ana Claudia Machado; ROCHA, Jefferson Marçal da (Orgs.). Ética, Negócios & Pessoas. Jaguarão,RS: UNIPAMPA, 2011. p. 107-125.

A DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE UM TUMOR: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS NA LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

Igor Raphael Silva de Melo[1]
Noemita Rodrigues da Silva [2]
Roger Ruben Huaman Huanca[3]

RESUMO

O presente artigo pontua passos de um estudo teórico, se caracterizando como uma revisão da literatura, no intuito de aprofundar, investigar, analisar e sintetizar pesquisas acerca do Estudo - ensino de Equações Diferenciais na Educação Superior, especificamente na Licenciatura em Matemática, conectando temas como Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática e da Matemática Aplicada, as Tecnologias da Informação e Comunicação, e a aplicação desenvolvida sobre a dinâmica do crescimento populacional de tumores. Objetiva-se que a partir dessa discussão possa-se trazer e apresentar possíveis possibilidades de ensino para a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), por meio de uma abordagem diferenciada dos modelos matemáticos aqui apresentados. Para isso, traçamos metodicamente algumas atividades que se enquadram numa metodologia qualitativa, baseadas em literaturas de estudos sobre EDO de 1º ordem, com aplicações no campo da Biomatemática. O estudo permitiu inferir a contribuição para uma melhor compreensão conceitual, embora ainda que persistam várias das dificuldades relacionadas à aprendizagem deste conteúdo, também cabe destacar que ao propor uma forma de trabalho diversificada da que estão acostumados possa ser algo motivador ao que se trata de ensinar e aprender na Educação Superior. Acredita-se que indicar novos caminhos para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias pode ser a expectativa de algum leitor. Talvez esse trabalho traga elementos que possam auxiliar pessoas interessadas no ensino dessa disciplina e assim motiva-los também a elaborarem suas próprias propostas de ensino.

Palavras-chave: Ensino e Aprendizagem de Equações Diferenciais, Modelagem Matemática, Tecnologias da Informação e Comunicação, Tumores Sólidos.

INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta alguns resultados de uma pesquisa realizada sobre dois modelos matemáticos aplicados aos estudos da dinâmica de crescimento de tumores sólidos, na perspectiva da Modelagem Matemática como estratégia de ensino ao discutir e refletir seus resultados no âmbito da Educação Matemática, enfaticamente, uma proposta para o ensino e

[1] Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, igor.rapha6@gmail.com;
[2] Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, noemitarodrigues@hotmail.com;
[3] Doutor pelo Curso de Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, roger@uepb.edu.br;

aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias em cursos de Licenciatura em Matemática.

Tal pesquisa corrobora com as discussões que apontam que o ensino das Equações Diferenciais Ordinárias em cursos do Ensino Superior está passando por relevantes transformações nas ultimas décadas, onde, autores como Almeida e Borssoi (2004), Dullius (2009), Habre (2003), Javaroni (2007), Rasmussen (2001) e Stephan e Rasmussen (2002) já vem discutindo estratégias que visam dinamizar o ensino dessa disciplina além da forma tradicional, ou seja, ir além da resolução analítica dessas equações e assim passando para um olhar mais crítico-exploratório que impulsione a interpretação desses resultados por meio de recursos didáticos que possibilitem uma melhor compreensão conceitual, principalmente quando são trabalhado modelos matemáticos no campo da Matemática Aplicada (FROTA; NASSER, 2009).

No ramo da matemática aplicada é frequentemente desejável descrever um comportamento ou fenômeno natural da vida real numa linguagem matemática, sejam eles fenômenos físicos, biológicos, sociológicos, ou ainda econômicos.

A Dinâmica de Crescimento Populacional, por exemplo, é uma aplicação que sempre é abordada em cursos de Equações Diferenciais Ordinárias – EDO, na Licenciatura em Matemática. Logo na introdução do conteúdo, quando é apresentado a definição e os diferentes tipos de EDO modelos básicos que descrevem o comportamento variante de uma determinada população são expostos de modo a mostrar a instrumentação da Matemática no desenvolvimento conceitual das ciências físicas, biológicas, químicas, sociais e econômicas, porém, na disciplina, o foco ainda se detém as resoluções analíticas dessas equações (BOYCE; DIPRIMA, 2002).

Nomeamos por modelo matemático a descrição matemática de um sistema ou fenômeno que se pretende a estudar. De acordo com Zill e Cullen (2001), a construção de um modelo pode ser um processo simples, complexo ou até mesmo impossível, levando em conta que não basta apenas construir, como também, resolve-lo. Quanto mais próximo for a descrição do modelo da vida real mais difícil será sua resolução.

Desse modo, percebe-se que a dinâmica populacional já vem sendo estudada há anos por pesquisadores, não só da área de matemática pura/aplicada, mas também por estudiosos de áreas afins na qual a Matemática pode ser aplicada e consequentemente oferecer bons resultados no mundo cientifico (BASSANEZI, 2002).

A relevância em trabalhar a dinâmica populacional se dá fato de sua vasta abrangência e aplicabilidade, pois o processo de crescimento de certa população pode ser modelado,

simplesmente, usando uma EDO através de modelos que representam o comportamento da proliferação dessa população por meio de uma variável de interesse, levando em conta conceitos do Cálculo Diferencial, como derivada, taxa de variação, e o de integral.

Em nossa proposta consideramos as diferentes abordagens na resolução de Equações Diferenciais - ED como um instrumento para explorar modelos, resolver problemas e abordar, equilibrada e simultaneamente, representações gráficas, numéricas e simbólicas das equações e suas respectivas soluções.

A busca por uma abordagem mais qualitativa no ensino de Equações Diferenciais prioriza o trabalhado do conteúdo com maior ênfase na contextualização através de situações-problema passíveis de serem representadas em diferentes formas com o auxilio das Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC, de modo a analisar o comportamento das soluções, facilitar e agilizar o processo de resolução e cognição do aluno. E assim, simultaneamente ou não, abordamos as técnicas de solução analítica dos modelos aqui trabalhados.

No delineamento das atividades, procuramos explorar também questões conceituais, de modo a dar mais significado às EDO e às suas soluções. Nosso intuito é estimular os estudantes a mudarem o foco da simples manipulação analítica das equações, para a compreensão de seu caráter representativo.

METODOLOGIA

Este artigo pontua passos de um estudo teórico, se caracterizando como uma revisão da literatura, no intuito de aprofundar, investigar, analisar e sintetizar pesquisas acerca do Estudo - ensino de Equações Diferenciais na Educação Superior, especificamente na Licenciatura em Matemática, conectando temas como Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática e da Matemática Aplicada, as Tecnologias da Informação e Comunicação, e a aplicação desenvolvida sobre dinâmica do crescimento populacional de tumores.

Objetiva-se, que a partir dessa discussão possa-se trazer e apresentar possíveis possibilidades de ensino para a aprendizagem de EDO, por meio de uma abordagem diferenciada dos modelos matemáticos aqui apresentados como, apenas, algumas aplicações dentre várias outras que também podem ser exploradas.

Para isso, traçamos metodicamente algumas atividades que se enquadram numa metodologia qualitativa, baseadas em literaturas de estudos sobre Equações Diferenciais Ordinárias de 1º ordem, com um ponto de vista da matemática aplicada–Biomatemática.

Neste trabalho, primeiramente, apresenta-se o uso da Equação de Gompertz e a Equação de Verhulst para estudar o desenvolvimento de tumores sólidos, aplicações escolhidas para serem abordadas neste trabalho pelo fato de serem equações que envolvem EDO e também pela relevância do avanço que a Matemática tem proporcionado para outras áreas do saber, como a Biologia e a Saúde. Para isso, utilizaremos parâmetros reais desse fenômeno biológico encontrados na literatura por Domingues (2010) e Domingues (2011), pois o real interesse, aqui, é uma análise mais detalhada da situação investigada voltada para sua abordagem como fator motivacional no ensino de Matemática. A prática pedagógica foi desenvolvida em contexto de sala de aula, apesar de ainda não ser aplicada, trazemos como uma possibilidade de proposta metodológica.

> O quantitativo tem a ver com o objetivo passível de ser mensurável. Ele carrega consigo as noções próprias ao paradigma positivista, que destaca como pontos importantes para a produção da ciência a razão, a objetividade, o método, a definição de conceitos, a construção de instrumentos para garantir a objetividade da pesquisa (...). O qualitativo engloba a ideia do subjetivo, passível de expor sensações e opiniões. O significado atribuído a essa concepção de pesquisa também engloba noções de respeito de percepções de diferenças e semelhanças de aspectos comparáveis de experiências (BICUDO, 2004, p. 103-104).

Em outras palavras, pesquisas no paradigma qualitativo surgem como uma possibilidade para investigação. Nesta abordagem, a pesquisa pode ser concebida como uma trajetória inerente em torno do que se deseja compreender, não se preocupando exclusivamente com seus princípios, leis e generalizações, mas sim focando nos elementos que se constituem significativos para o pesquisador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelagem Matemática na Biologia e a Dinâmica Populacional de tumores: Um breve tecer

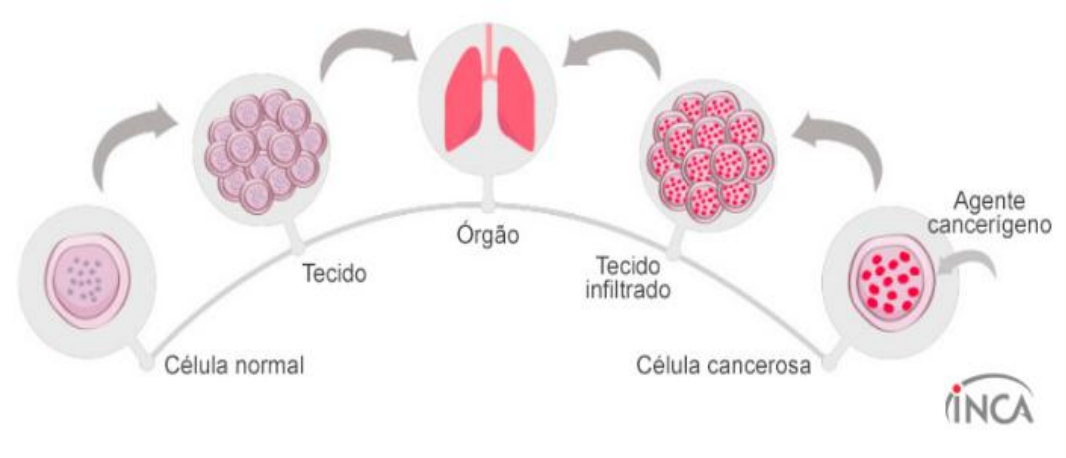
Aqui neste estudo, tratamos da dinâmica populacional de células cancerígenas no corpo humano, enfaticamente ao crescimento populacional de um tumor. Segundo o Instituto

Nacional de Câncer – INCA (2018), o tumor é causado por um desequilíbrio no sistema de divisão celular, em outras palavras, o crescimento excessivo de células anormais que acabam causando um aumento de tamanho em algum tecido do corpo, e assim atingindo algum órgão.

O tumor pode ser considerado benigno, quando não cancerígeno, ou maligno, quando afeta a saúde humana causando a doença responsável por cerca de 13% de todas as causas de mortes no mundo, o que representa aproximadamente sete milhões de pessoas doentes de Câncer. Ainda, segundo o INCA (2018), algo bastante alarmante dessa doença é o fato de como o tumor pode se desenvolver no corpo, podendo ser de forma lenta e gradativa ou com uma velocidade de multiplicação das células tão rápidas que acabam invadindo tecidos e órgãos, sejam vizinhos ou distantes, na área biológica conhecida como metástase.

Na figura a seguir são explanados alguns dos elementos principais envolvidos na dinâmica populacional de crescimento de um tumor.

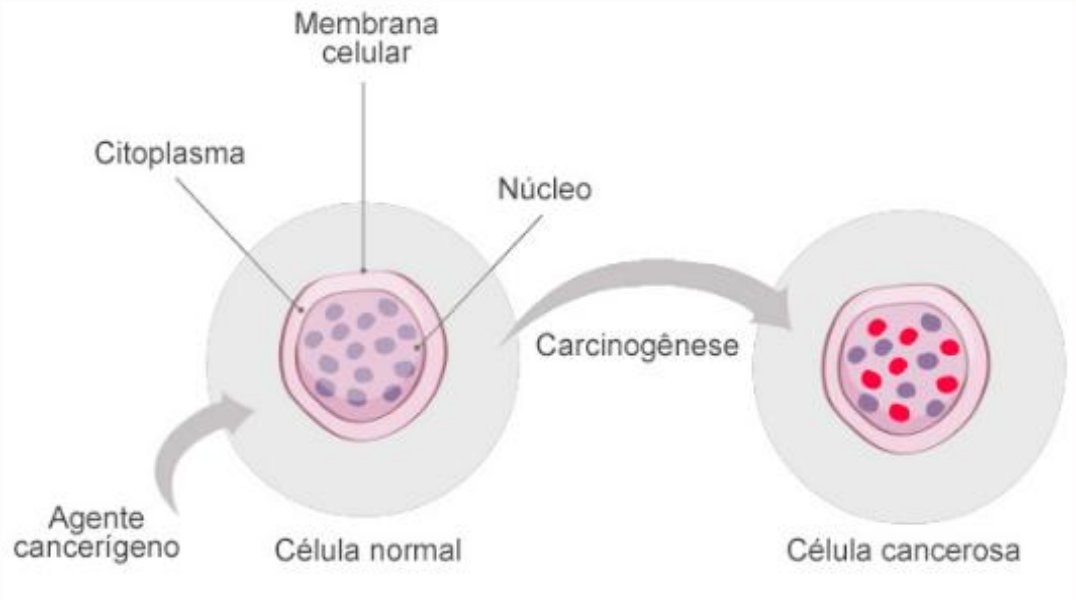
Figura 01: Elementos biológicos do tumor no corpo humano.



Fonte: INCA (2018).

Além disso, quando o individuo é diagnosticado com a doença logo surge a seguinte questão: como surgiu o câncer? Segundo INCA (2018), o câncer surge a partir de uma mutação genética, ou seja, de uma alteração no DNA da célula, que passa a receber instruções erradas para as suas atividades. As alterações podem ocorrer em genes especiais, denominados proto-oncogenes, que a princípio são inativos em células normais. Quando ativados, os proto-oncogenes tornam-se oncogênese, responsáveis por transformar as células normais em células cancerosas.

Figura 02: Conceitos biológicos no surgimento do câncer.



Fonte: INCA (2018).

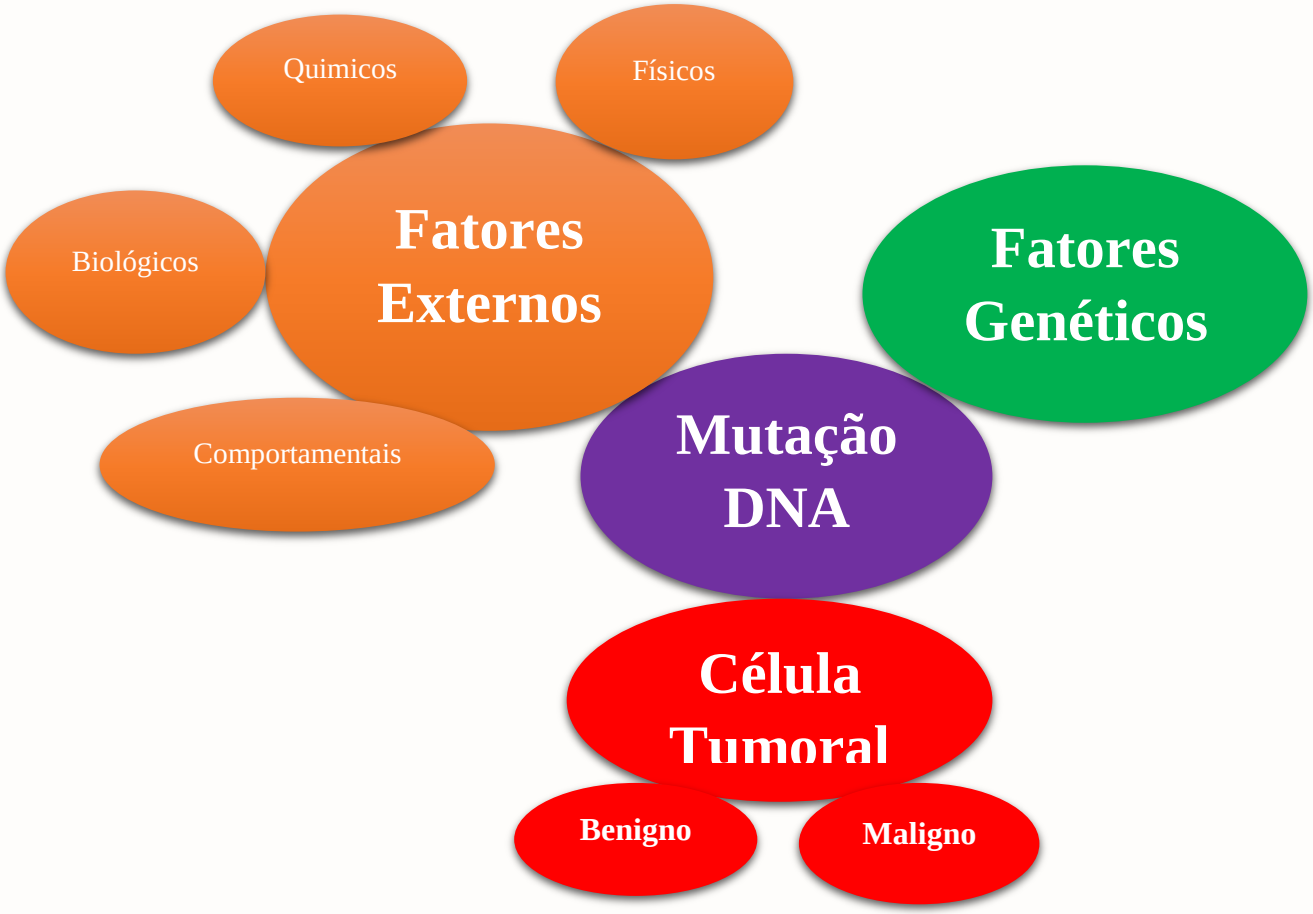
E assim, essas alterações no DNA podem ser decorrentes da influência tanto de fatores genéticos como de agente externos, que segundo a União Internacional Contra o Câncer - UICC (2018) são classificadas em três categorias de carcinógenos:

- Físicos (raios ultravioletas e radiação ionizante);
- Químicos (componentes advindos da poluição do ar, fumaça de tabaco, alimentos e água);
- Biológicos (advindos das infecções provocadas por vírus, bactérias e parasitas).

Independente da decorrência do fator do câncer, o paciente deve ser confirmado pelo resultado do exame histopatológico que dará um ponto de vista prognóstico e terapêutico da doença e partir daí deve-se iniciar uma anamnese que verificará o histórico familiar e o padrão de vida em relação à nutrição, trabalho, hábitos nocivos à saúde, como o consumo de tabaco e álcool, entre outros hábitos que também são fatores de risco da doença.

Em vista disso a UICC (2018) apresenta uma classificação da evolução tumoral para se determinar a melhor forma de tratamento do paciente.

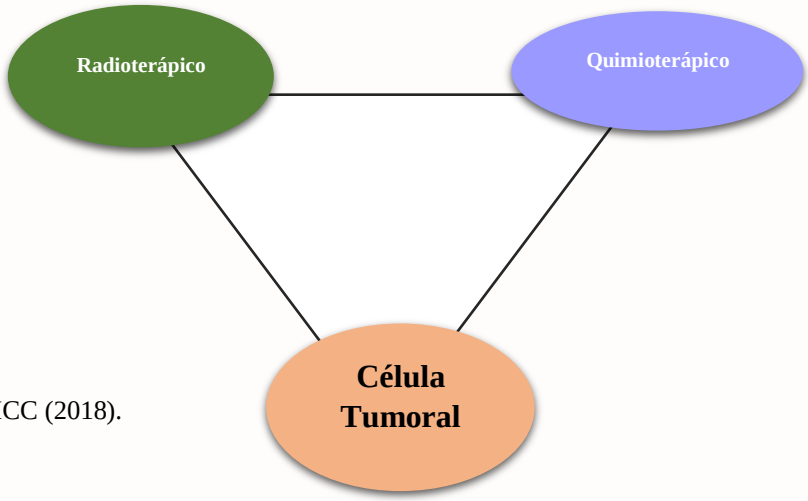
Figura 03: Diagrama dos fatores que levam a classificação da evolução tumoral benigna e maligna.



Fonte: Adaptado de UICC (2018).

Nesse sentido, quando o tumor é classificado clinicamente, é iniciado o tratamento, podendo ser: cirúrgico; radioterápico; e quimioterápico. Esses tipos de tratamento podem ser realizados em conjunto ou de forma singular, dependendo de sua importância no tratamento mais adequado ao paciente e de acordo com o processo de desenvolvimento da doença, bem como seus sintomas.

Figura 04: Diagrama dos tipos de tratamento da doença.



Fonte: Adaptado de UICC (2018).

O processo de desenvolvimento da doença ocorre de forma gradativa e passa pelas seguintes estágios (INCA, 2018):

i. Estágio de iniciação: onde a célula sofre e passa por vários estágios carcinógenos que provoca a modificação no DNA;
ii. Estágio de promoção: depois as alterações no DNA, a célula é transformada em uma célula maligna, gradualmente;
iii. Estágio de progressão: pela multiplicação descontrolada de células, esse estágio é caracterizado por progressivo, onde a doença já está instalada e evolui até as primeiras manifestações clinicas.

Crescimento de Tumores: Modelo de Gompertz

A primeira aplicação, aqui, a ser abordada é justamente o crescimento tumoral a partir do modelo de Gompertz. Beijamin Gompertz, no ano de 1938, desenvolveu uma equação muito famosa, pois mesmo como matemático, se interessou em fazer um estudo que até então naquela época era pesquisado apenas em áreas biológicas. O matemático, com o intuito de entender mais sobre a doença conseguiu descrever o crescimento de tumores sólidos com um modelo denominado Equação de Gompertz (DOMINGUES, 2010).

Pode-se encontrar na literatura diferentes tipos de representação desse modelo, pois, deve-se considerar que o modelo de Gompertz não foi o primeiro e nem o único a ser construído e desenvolvido ao decorrer da história. Na verdade, os estudos sobre crescimento populacional começou a ser estudado há décadas antes, um exemplo disso é um modelo bastante conhecido que foi apresentado pelo economista inglês Thomas Malthus no ano de 1798, o qual até hoje é considerado como um modelo percursor que deu suporte a criação de vários outros que foram e são ainda usados e aperfeiçoados conforme a demanda de novas pesquisas científicas. Alguns desses modelos supracitados podem ser encontrados em um dos capítulos da obra de Bassanezi (2002), intitulado por *Evolução de Modelos*.

Neste trabalho, consideramos o modelo de Gompertz da forma escrita em uma de nossas referências (BOYCE; DIPRIMA, 2002), porém levando em conta algumas modificações em relação à notação de parâmetros, que também é colocada segundo nossa referência de aplicação, Domingues (2011), dada por:

$$\frac{dN}{dt} = -r\,N \ln\left(\frac{N}{K}\right) \qquad (01)$$

onde,

$N(t)$ é a população de células tumorais no instante t;

t é o instante considerado para cada quantidade de população de células;

r é a constante positiva de crescimento interno da célula;

K é o tamanho máximo que o tumor pode atingir com os nutrientes disponíveis, ou seja, nossa capacidade de suporte.

Primeiramente, apresenta-se a solução do modelo usando alguns métodos para a resolução analítica de uma EDO, conforme são trabalhadas na Licenciatura em Matemática.

Dada à equação,

$$\frac{dN}{dt} = -r\,N \ln\left(\frac{N}{K}\right) \tag{02}$$

Fazendo uma mudança de variável, tem-se:

$$u = \ln\left(\frac{N}{K}\right) \Longrightarrow N = Ke^{u} \tag{03}$$

$$\Longrightarrow \frac{dN}{dt} = Ke^{u}\frac{du}{dt}$$

Substituindo em (02)

$$Ke^{u}\frac{du}{dt} = -ru\,Ke^{u} \Longrightarrow \frac{du}{dt} = -ru \tag{04}$$

Separando as varáveis e Integrando, tem-se:

$$\frac{du}{u} = -rdt \Longrightarrow \int \frac{du}{u} = -\int r dt \tag{05}$$

$$\ln(u) = -rt + C \Longrightarrow \ln\left(\frac{N}{K}\right) = e^{-rt}e^{C} \tag{06}$$

$$N = Ke^{e^{-rtc^{C}}} \tag{07}$$

E sendo $N(0) = N_0$

Logo,

$$N(t_0) = Ke^{-e^{rt}\ln\left(\frac{N_0}{k}\right)}, \tag{08}$$

que é solução do PVI:

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = rN\ln\left(\frac{K}{N}\right) \\ N(0) = N_0 \end{cases}$$

Agora, nesse momento, deve-se levar em consideração os conhecimentos prévios e específicos da aplicação evolvida, nesse caso, sobre os conceitos biológicos acerca do crescimento de um tumor no corpo humano. Pois, tendo em vista que as populações de células com anomalia não podem ser excedidas por um certo limite suporte de células tumorais, traz-se então, um estudo de Friberg e Mattson (1997), no qual a carga letal de células tumorais está entre $10^{12} - 10^{13}$ células, ou seja, um dos parâmetros adotados no modelo (DOMINGUES, 2011).

Desse modo, considera-se para os cálculos, que a capacidade de suporte será K=10^{13} células. Os parâmetros da solução da equação de Gompertz utilizados neste trabalho são reportados na literatura Domingues (2011).

Logo, a equação (08) com esses valores adotados torna-se:

$$N(t) = 10^{13}e^{-e^{-0{,}0024\ln(10)t}} \quad , \qquad (09)$$

onde,

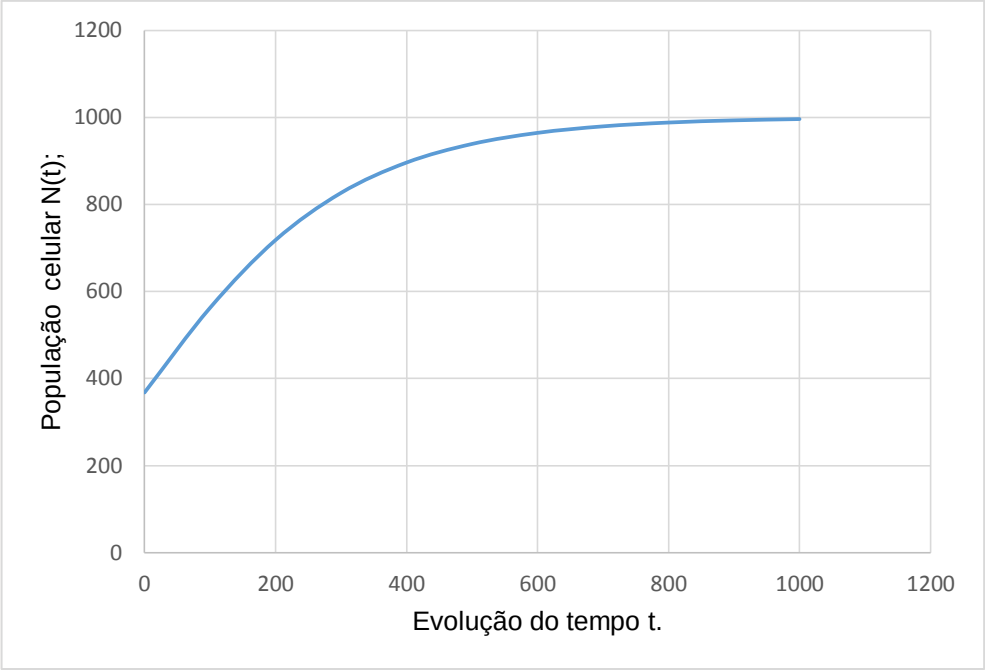
$r = 0,0060$;

$K = 10^{13}$;

$N_0 = 10^9$.

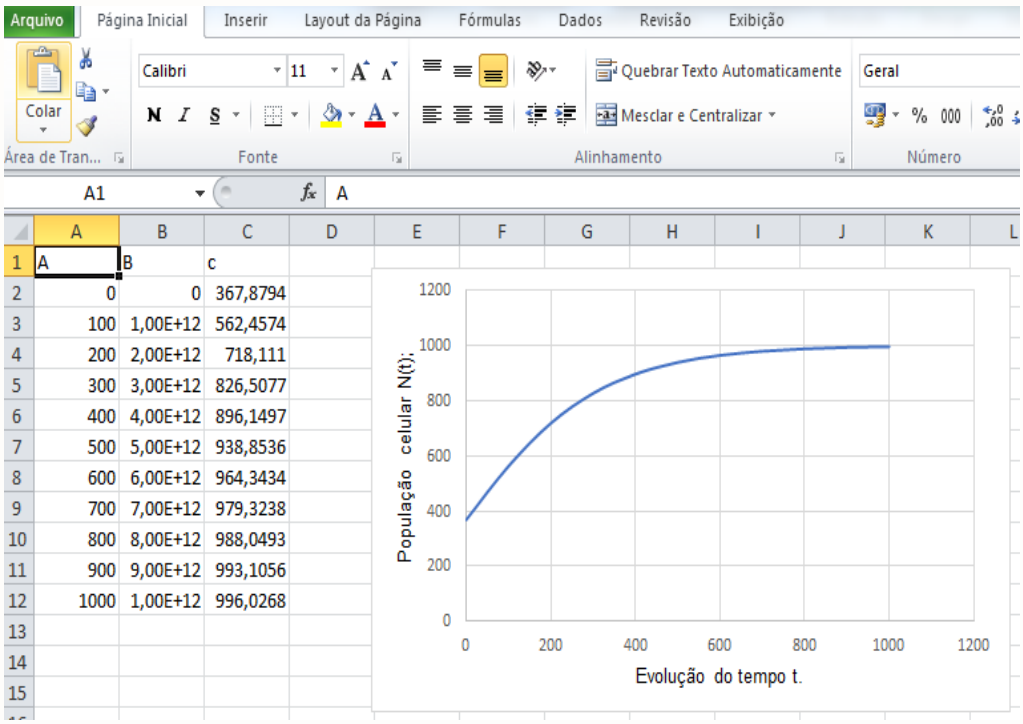
E assim, é neste momento que é possível explorar a solução da EDO além de sua resolução analítica, pois agora é possível representar e analisar graficamente esta solução por meio de recursos digitais. Primeiramente, com o auxilio da ferramenta Excel, construímos o gráfico da evolução temporal de crescimento populacional descrito pelo modelo de Gompertz, de acordo com os dados e estudos realizados em Domingues (2011), posteriormente uma análise comparativa de resultados.

Figura 05: Gráfico da evolução temporal de crescimento populacional de células tumorais – Modelo de Gompertz.



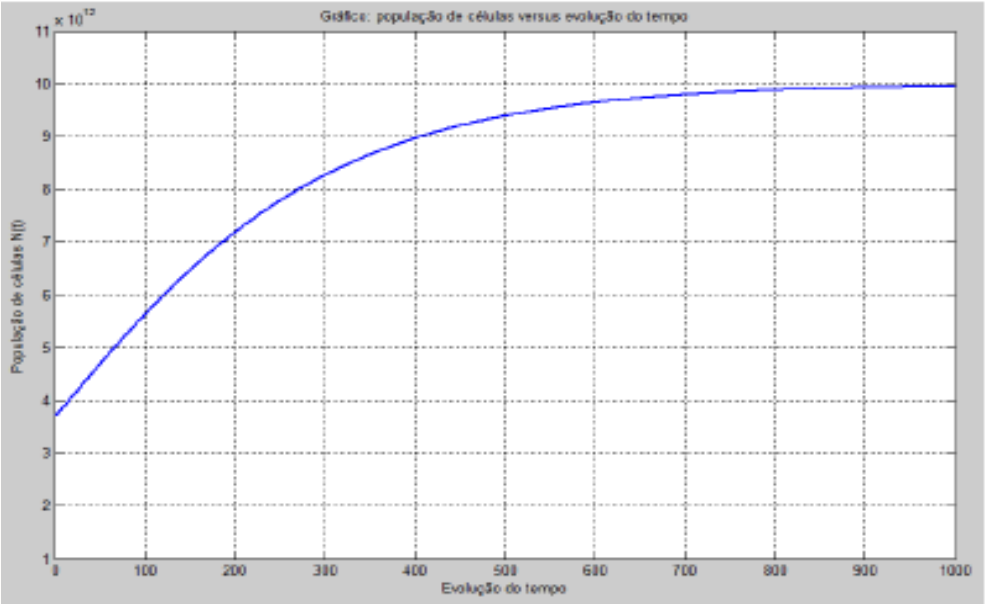
Fonte: Própria.

Figura 06: Construção do Gráfico da evolução tumoral pelo modelo de Gompertz.



Fonte: Própria.

Figura 07: Gráfico da evolução temporal de crescimento populacional de células tumorais com um fator inibidor.



Fonte: Domingues (2011).

É possível perceber graficamente que o crescimento do tumor pode ser considerado com uma taxa de crescimento acelerado ou controlado das células. Pela contextualização da aplicação sabe-se que essa variação só se torna possível se existir ou não um fator de tratamento inibidor. Domingues (2011) realizou um estudo computacional onde é inserido um fator de tratamento baseado em *endostatina* e percebe-se que tal fator, teoricamente, impede o crescimento acelerado das células. Por outro lado, para um determinado tempo *t* suficientemente grande, mesmo com o tratamento, as células tumorosas alcançará a capacidade suporte, conforme mostra o gráfico acima.

Crescimento de Tumores: Modelo Logístico

É sabido, que inicialmente a equação que descreve o crescimento ou decrescimento de populações foi dada pelo modelo de Malthus no ano de 1798, cujo modelo é descrito por:

$$\frac{d(P)}{d(t)} = kP, com\ k > 0,$$

onde, a população em relação ao tempo apresenta um crescimento exponencial não limitado. Assim, essa equação diverge substancialmente do previsto, o que torna o modelo não tão eficaz para algumas aplicações que necessitam de resultados mais precisos ou mais próximos da realidade (ZILL; CULLEN, 2001).

.

Nesse sentido, surge o biólogo-matemático Pierre François Verhulst, um matemático belga que introduziu a equação de crescimento logístico onde a população deverá crescer até um limite máximo sustentável, isto é, ela tende a se estabilizar num determinado valor. O modelo de Verhulst é, essencialmente, o modelo de Malthus modificado, considerando a variação de crescimento dependendo da própria população em cada instante e satisfazendo algumas propriedades (BASSANEZI, 2002).

Em nossa referência conceitual, Bassanezi (2002), encontra-se o modelo de crescimento logístico, também denominado por Equação de Verhulst, dada por:

$$\frac{dP}{dt} = P(a - bP), com\ k > 0,$$

onde $a\ e\ b$ são constantes positivas, as quais complementam a equação do crescimento populacional exponencial proposto por Malthus que produz taxas infinitas de populações com o crescimento do tempo que pode vir a descrever bem inicialmente, mas, para tempos suficientemente grandes foge da realidade das populações reais.

Para nosso estudo, corroborado por Domingues (2011), usaremos o modelo de crescimento logístico, apresentado por Verhulst em 1838, porém adaptado nos moldes de nossa aplicação, crescimento de tumores, que é dado pelos seguintes termos:

$$\frac{dN}{dt} = r\left(1 - \frac{N}{K}\right)N, \tag{10}$$

Observe que se usássemos o modelo de crescimento de tumor pelo estudo de Malthus seria:

$$\frac{dN}{dt} = rN \tag{11}$$

O qual tem como solução, por separação de variáveis, e sendo a condição inicial $N(0) = n_0$, a função:

$$N(t) = n_0\, e^{rt} \tag{12}$$

E utilizando os dados reportados em Domingues (2011), a equação fica da seguinte forma:

$$N(t) = 10^{13}\, e^{0{,}006t} \tag{13}$$

Entretanto, observa-se que para $t \to \infty$, $N(t) \to \infty$ que para o crescimento tumoral não é real para tempos indefinidamente grandes. E já, para o modelo logístico, isso não acontece como veremos ao resolvermos a equação.

Sendo $N(0) = n_0$, temos o seguinte PVI:

$$\begin{cases} \dfrac{dN}{dt} = r\left(1 - \dfrac{N}{K}\right)N \\ N(0) \end{cases}$$

De fato,

$$\frac{dN}{dt} = r\left(\frac{K-N}{K}\right)N \Longrightarrow \frac{K}{N(K-N)}dN = r\,dt \tag{14}$$

Por frações parciais, temos que:

$$\frac{K}{N(K-N)} = \frac{1}{N} + \frac{1}{K-N} \tag{15}$$

Assim, integrando ambos os membros da equação têm-se:

$$\int \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{K-N}\right)dN - \int r\,dt$$

$$\int \left(\frac{1}{N}\right)dN + \int \left(\frac{1}{K-N}\right)dN = rt + C$$

$$\ln N - \ln(K-N) = rt + C$$

$$\ln\left(\frac{N}{K-N}\right) = rt + C$$

$$\frac{N}{K-N} = e^{rt}.e^{k} \Longrightarrow N = (K-N)e^{rt}.e^{C}$$

$$\Longrightarrow N = Ke^{rt}.e^{C} - Ne^{rt}.e^{C}$$

$$\Longrightarrow N + Ne^{rt}.e^{C} = Ke^{rt}.e^{C}$$

$$\Longrightarrow N(t) = \frac{Ke^{rt}.e^{C}}{1+e^{rt}.e^{C}} \tag{16}$$

E das condições iniciais e fazendo os ajustes necessários, a solução do PVI é dada por:

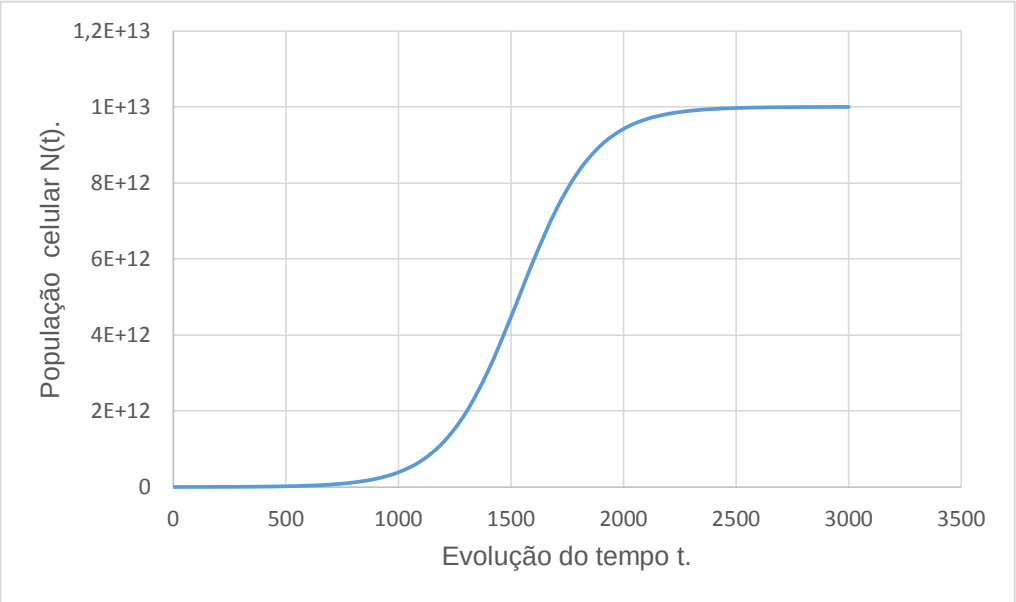
$$N(t) = \frac{KN_0}{N_0 + (K-N_0)e^{-rt}} \tag{17}$$

Como os dados já citados anteriormente, a equação (17) fica da seguinte forma:

$$N(t) = \frac{10^{22}}{10^9+(10^{13}-10^9)e^{-0,006t}}, \quad (18)$$

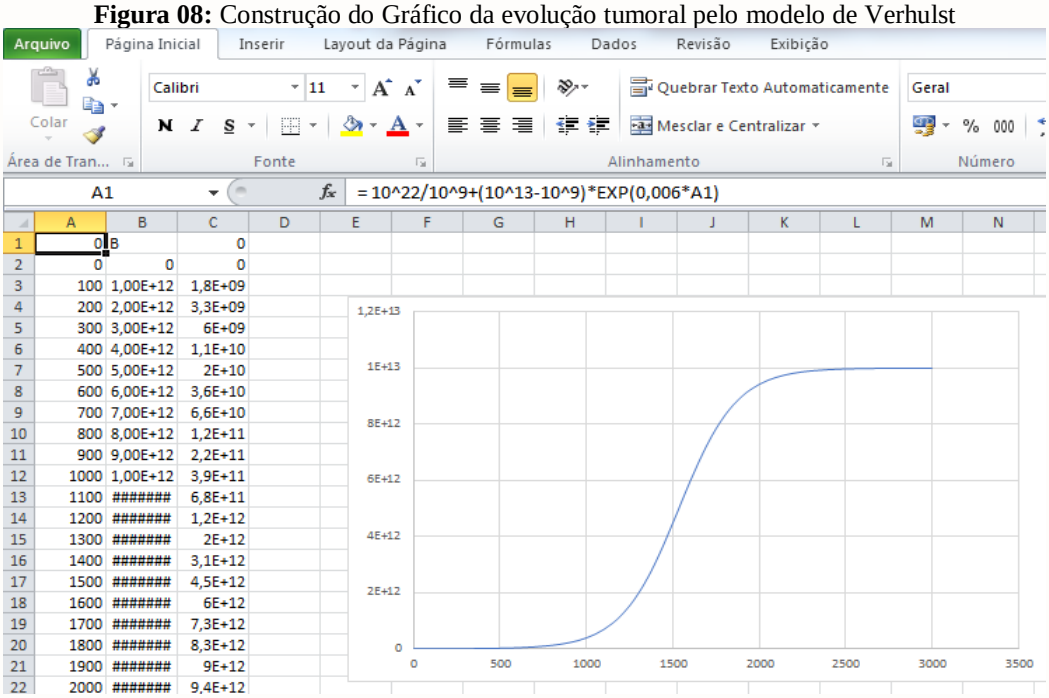
Que, de acordo com nossas aplicações, tem como representação gráfica:

Figura 07: Gráfico da Evolução Tumoral – Modelo Logístico



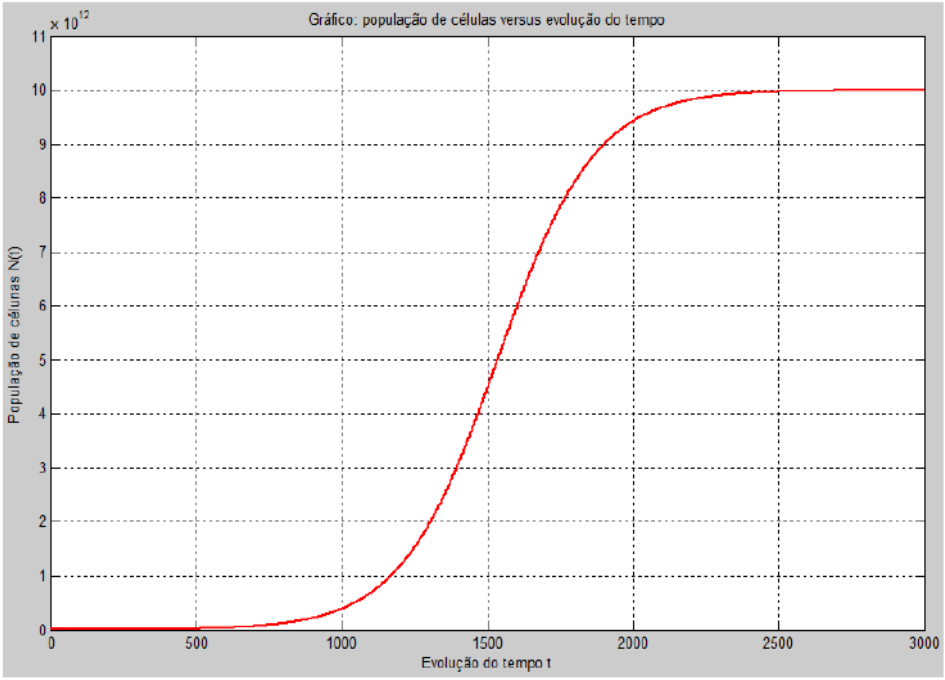
Fonte: Própria.

Figura 08: Construção do Gráfico da evolução tumoral pelo modelo de Verhulst



Fonte: Própria.

Figura 09: Gráfico da evolução temporal de crescimento populacional de células tumorais - Modelo logístico



Fonte: Domingues (2011).

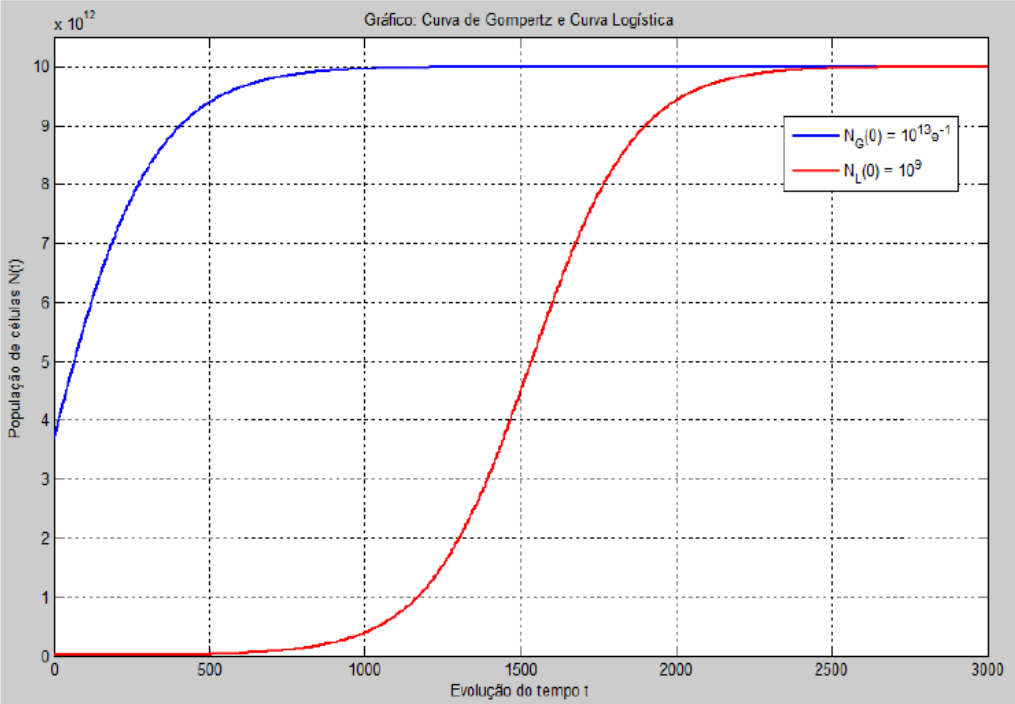
Geometricamente, pode-se observar que, diferente do modelo de crescimento exponencial, já mencionado, quanto $t \to \infty$ temos que $N(t) \to 10^{13}$. Em outras palavras, para um tempo suficientemente grande, a população de células tumorais tende para a capacidade de suporte *K*. E isso, mesmo com o modelo não contendo um fator de tratamento que, como já dito, impede o crescimento acelerado das células.

Para ambos modelos, para $t \to \infty$, a população de células tende a capacidade suporte. Porém, graficamente, observa-se que há diferenças na evolução das células tumorais com o tempo.

No modelo logístico, a população de células cresce bem mais lentamente do que o modelo de Gompertz. Entretanto, para um tempo suficientemente grande, tendem a capacidade de carga. Como apresentado em Domingues (2011), o gráfico abaixo apresenta ambos os modelos plotados no mesmo plano, no qual é possível ver graficamente a diferença que até então é expressa de forma algébrica.

Observe no gráfico abaixo que, inicialmente, o modelo de Gompertz tem crescimento rápido, já o modelo logístico forma uma curva chamada *sigmóide*, onde para tempos iniciais o crescimento é mais lento. Vale destacar também que o modelo logístico, ao analisar graficamente, demora, praticamente, duas vezes e meia a mais que o modelo de Gompertz para chegar à capacidade suporte.

Figura 10: Gráfico da evolução temporal: Modelo de Gompertz e Modelo logístico.



Fonte: Domingues (2011).

Lembrando que para ambos os modelos apresentados neste capitulo, não partimos de hipóteses iniciais e nem levantamento de dados conforme as etapas da modelagem descritas por Bassanezi (2002). Denominamos essas ações por *experimentação* e *abstração*, já que apresentamos a problemática já modelada. Visto que, com os modelos descritos por equações diferenciais ordinárias, passamos a resolvê-lo analiticamente com as técnicas de resolução apresentadas no capitulo três, etapa esta denominada por *resolução*. Já a *validação* se dá ao compararmos os dados experimentais, reportados na literatura analisada Domingues (2011), a partir de outros recursos digitais, o que é possível ao inserir a tecnologia em sala de aula. E, por esse motivo, ressaltamos importância da *aplicação* destes estudos com o auxilio das mídias digitais o qual nos permitiu fazer reflexões acerca da situação tanto algebricamente quanto graficamente.

Um papel bastante importante na formação curricular de um aluno de matemática, como também para um futuro professor, pois se observa que ao explorar a aplicação através de suas diferentes representações o aluno interage de forma produtiva na resolução e na situação-problema, estendendo-se até para sua vida cotidiana, o que pode gerar dados importantes para a tomada de decisões, principalmente em melhores maneiras de fornecer um

tratamento adequado para o paciente ou até mesmo para previsões de crescimento muito descontrolados no ponto de vista biológico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabemos que normalmente, o conteúdo da disciplina de Equações Diferenciais, em geral, se delimita a apresentação da definição, posteriormente é desenvolvida técnicas de resolução analítica dessas equações e, isso quando, são abordadas algumas aplicações, retiradas de livros de texto, o que não deixa de também ser importante na aprendizagem matemática.

Nesse sentido, nos concentrávamos não apenas na resolução de uma EDO, mas sim no comportamento de suas soluções, visto que, o foco não era mais apenas resolver uma equação com técnicas preditas e sim modelos que a partir de uma contextualização numa situação-problema se desperta a necessidade e a preocupação de, além de resolvê-las cuidadosamente em termos algébricos, compreender sua resolução e consequente sua solução para que pudesse fazer sentido na aplicação. Para isso as mídias tecnológicas se tornam fator fundamental nesse processo de desenvolvimento cognitivo.

Nas aplicações foram apresentados dois modelos matemáticos, sendo o primeiro, o Modelo de Gompertz e o segundo, o modelo de Verhulst, também conhecido por Modelo Logístico. Modelos já desenvolvidos para descrever o crescimento populacional de tumores, mas que agora foi trabalhado numa abordagem, além da algébrica, a gráfica e numérica, baseadas em estudos de Domingues (2011), na qual pudemos ver o que havia por trás de tantos termos analíticos. Vale ainda, ressaltar a importância do papel do software nessa em questão, pois a partir dele pudemos também desenvolver algumas atividades do processo de Modelagem Matemática, expostas por Bassanezi (2002), como validar tais modelos através de sua aplicação.

Do que apresentamos nesta pesquisa, sugerimos, para cada modelo nas áreas do conhecimento abordadas, a criação de sequências didáticas para o ensino de EDO por meio da Modelagem Matemática em consonância com as tecnologias da Informação e Comunicação. Como dito na Introdução, não estamos defendendo o ensino deste tópico matemático sem seu enfoque formal, mas que tenha a possibilidade de apresentar suas aplicações de forma exploratória, pois elas surgiram, justamente, para resolver problemas de outras ciências. Tornar isso fato em sala de aula é fundamental.

O termo Modelagem Matemática aparece na Educação Matemática sob várias concepções diferenciadas em aspectos de sua definição. Existem pesquisadores que a utilizam como uma como uma abordagem de ensino. Para outros, a Modelagem Matemática é uma linha da Matemática Aplicada que a utiliza para resolver problemas da realidade.

Neste trabalho a Modelagem Matemática não surgiu nem como a concepção da Educação Matemática nem como a da Matemática Aplicada como elementos distintos, mas sim como Aplicação Matemática, ou seja, a estratégia de estudar modelos matemáticos clássicos da literatura, neste caso, o modelo de Gompertz e o modelo de Verhulst, utilizando a abordagem qualitativa, através das tecnologias digitais.

Pensamos que isto contribuiu para uma melhor compreensão conceitual, embora ainda que persistam várias das dificuldades relacionadas à aprendizagem deste conteúdo, também cabe destacar que ao propor uma forma de trabalho diversificada da que estão acostumados possa ser algo motivador ao que se trata de ensinar e aprender na Educação Superior.

Acredita-se que indicar novos caminhos para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias pode ser a expectativa de algum leitor. Talvez esse trabalho traga elementos que possam auxiliar pessoas interessadas no ensino dessa disciplina e assim motiva-los também a elaborarem suas próprias propostas de ensino. Iniciar o curso de EDO com a ideia de Modelagem Matemática/Aplicação, ou seja, iniciar com o estudo de modelos matemáticos clássicos da literatura, explorando-os com o auxílio das TIC, pode trazer mais possibilidades e, talvez assim, conseguir atribuir algum significado para essa disciplina.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C. **Equações Diferenciais Ordinárias - Um curso introdutório**. São Paulo: UFABC, 2002.

BASSANEZI, R.C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia.** São Paulo: Editora Contexto, 2002.

BICUDO, M. A. V. **Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Qualitativa Segundo a Abordagem Fenomenológica**. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.) Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

BORSSOI, A. H.; ALMEIDA, L. M. W. de. Modelagem matemática e aprendizagem significativa: uma proposta para o estudo de equações diferenciais ordinárias. Educação Matemática Pesquisa. São Paulo, v. 6, n. 2, p. 91-122, 2004.

BOYCE, W. E.; DIPRIMA, R. C. Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno. Tradução de Horacio Macedo. 6. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva. Tipos de cânceres. Rio de Janeiro: INCA, acesso em 2018. Disponível em: hhttp://www.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home/mamai.

DOMINGUES, J. S. **Modelo matemático e computacional do surgimento da angiogênese em tumores e sua conexão com as células-tronco.** In. Dissertação de Mestrado - Belo Horizonte - MG. CEFET, 2010.

DOMINGUES, J. S. Análise do modelo de gompertz no crescimento de tumores sólidos e inserção de um fator de tratamento. **Biomatemática IMECC - Unicamp**, Campinas, n. 21, p. 103–112, 2011.

DULLIUS, M. M.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. O uso do software Powersim no aprendizado de equações diferenciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 36., 2008, São Paulo, SP. **Anais** [...]. São Paulo: EDP, 2008.

FIGUEIREDO, D. G.; NEVES, A. F. **Equações diferenciais aplicadas**. 3. ed. Rio de Janeiro: IMPA, 2012.

FINNEY, R. L. **Cálculo de George B. Thomas Jr.** São Paulo, SP: Addison Wesley, 2002.

FROTA, M. C. R.; NASSER, L. **Educação Matemática no Ensino Superior: pesquisas e debates**. Recife: SBEM, 2009.

HABRE, S. Exploring Students' Strategies to Solve Ordinary Differential Equations in a Reformed Setting. **Journal of Mathematical Behaviour**, 18 (4), p.455–472, 2000.

HABRE, S. Investigating students' approval of a geometrical approach to differential equations and their solutions**. International Journal of Mathematical Educations in Science and Technology**, London, v. 34, n. 5, p. 651 - 662, 2003.

IGLIORI, S. B. C. (2009) **Considerações sobre o ensino do cálculo e um estudo sobre os números reais.** In FROTA, M. C. R; NASSER, L. (Orgs.) Educação Matemática no Ensino Superior: pesquisas e debates. Recife: SBEM, 11 – 26.

STEPHAN, M.; RASMUSSEN, C. Classroom mathematical practices in differential equations. **Journal of Mathematical Behavior**, Norwood, v. 21, n. 4, p. 459-490, 2002.

RASMUSSEN, C. New directions in differential equations A framework for interpreting' understandings difficulties. **Journal of Mathematical Behavior**, Norwood, N.J, v. 20, n. 1, p. 55 - 87, 2001.

ZILL, Dennis G.; CULLEN, Michael R. **Equações Diferenciais**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2001. vol..

A PERCEPÇÃO DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA DA UTILIZAÇÃO DE FOTONOVELAS COMO RECURSO DIDÁTICO: UMA PROPOSTA DE DISCUSSÃO DO PROFESSOR SUPERVISOR DE ESTÁGIO

Adriana Oliveira Bernardes
Doutoranda em Ensino de Física- PEMAT UFRJ
física.adrianabernardes@gmail.com

Resumo:
Sabemos que o programa de estágio é essencial para que o graduando conheça a escola, as dificuldades e desafios de sua futura profissão. No contexto escolar, o graduando tomará conhecimento dos recursos utilizados pelo professor em sala de aula e deverá refletir sobre suas possibilidades de utilização com os alunos, vivenciando situações de sucesso e fracasso, pois essas inevitavelmente ocorrem. Neste artigo apresentaremos um trabalho realizado com cinco alunos de graduação em Física no contexto de suas disciplinas, no qual, através da realização de uma oficina foi apresentado aos mesmos um recurso didático lúdico: as fotonovelas. Foram também realizadas discussões sobre esse tipo de recurso e sobre o possível engajamento dos alunos do Ensino Médio perante os mesmos, o trabalho aqui relatado foi proposto pelo professor supervisor do estágio. Pesquisando a visão do graduando verificamos que o mesmo vê de forma positiva o recurso, mesmo não tendo tido contato com o mesmo no contexto da graduação. Na pesquisa realizada, tais alunos graduandos em Física apontaram como fatores positivos o fato de ser atrativo, de fácil utilização e de chamar atenção dos alunos. Em relação aos fatores negativos apontaram a falta de um maior aprodundamento da disciplina através do recurso. Observamos então a importância de levar a discussão de recursos didáticos a alunos graduandos, principalmente quando estes trabalharão com uma disciplina que excluiu grande quantitativo de alunos como a Física e também a importância do professor supervisor na construção do conhecimento do futuro professor no contexto do estágio.

Palavras-chave: Formação de professores, Ensino de Física, Recursos Lúdicos, Papel do professor supervisor de estágio.

Introdução:

Todos os semestres recebemos para realização de estágio supervisionado certo número de alunos de graduação em Física. Ainda que estes, devam apenas interagir com as atividades realizadas em sala de aula, estimulamos sua participação em todas as atividades que dizem respeito à disciplina e periodicamente realizamos oficinas para discussão de recursos possíveis de serem utilizados no Ensino Médio.

A presença de alunos de graduação acompanhando o trabalho de professores[1] de Física no Ensino Médio é de suma importância para seu desenvolvimento e acreditamos que neste momento ele deverá ser estimulado a refletir a respeito de suas possibilidades enquanto professor e em que razão irá colaborar para transformar a situação vigente ou para mantê-la, é necessário que o mesmo acredite no poder transformador da educação, protagonizado por sua prática em sala de aula.

Em um curso de formação de professores, as atividades relacionadas ao estágio são importantíssimas para o futuro professor e neste contexto, tanto o orientador do estágio (professor da universidade), quanto o professor supervisor (professor da escola que o recebe) são fundamentais para que o mesmo, colabore com seu desenvolvimento. Será o estágio que dará ao futuro professor subsídios para atuar plenamente em sala de aula.

Em relação ao estágio supervisionado realizado nos cursos de graduação em Física, consideramos que:

> O estágio supervisionado nos cursos de Licenciatura possui destaque nos currículos de todo o Brasil possibilitando vivências específicas da prática docente. Este, desenvolvido de maneira correta, vai muito além de um simples cumprimento de exigências acadêmicas contribuindo tanto para a formação profissional quanto para o crescimento pessoal, o desenvolvimento de reflexão crítica sobre o ensino e aprendizagem, a produção de saberes entre outros. (NETO et al, 2015, p.4)

Consideramos que para o mesmo colaborar efetivamente com a formação do futuro professor, que não se resuma apenas ao comprimento de exigências, sendo desejável que o mesmo possibilite a graduandos vivenciar variadas formas de ensinar e a refletir sobre metodologias que auxiliem o aprendizado dos alunos, que conheça as dificuldades vivenciadas pelos professores e reflita sobre elas.

Em relação a importância do professor neste processo acreditamos que:

> Durante a formação acadêmica os alunos se identificam com alguns professores e essa admiração dos acadêmicos para com os docentes pode influenciar no modo que os acadêmicos ministram suas aulas. Martins e Moraes (ano, p..6)

[1] A autora do artigo no período de 2013 à 2017 foi a professora responsável pelos Estágios Supervisionados realizados em colégio público da cidade de Nova Friburgo-RJ. No momento a mesma cursa doutorado em Ensino de Física na UFRJ.

Neste contexto encontrar um professor receptivo tanto na universidade, quanto na escola na qual realizará seu estágio, que queira não só compartilhar conhecimentos, mas também colaborar com a implantação de projetos, pode trazer consequências positivas para formação do aluno.

Neste sentido acreditamos que:

> A partir de observações feitas no decorrer do estágio, ocorrem trocas de experiências entre os próprios acadêmicos e professores supervisores que auxiliam os mesmos a proporem atividades com mais segurança. Os professores supervisores também podem compartilhar atividades adequadas para um determinado momento, pois auxilia evitando alguns erros e oferecendo dicas para um maior sucesso nas aulas. Martins e Moraes (ano, p.7)

Esse compartilhamento de atividades mencionado pelo autor acima foi motivação para a escrita deste artigo, tentando mostrar a importância do supervisor para o desenvolvimento do licenciando.

Em relação a troca entre acadêmicos e professores supervisores, essa pode se dar sobre variados aspectos como abordam os autores abaixo:

> A presença do docente também influência na atuação do acadêmico no estágio, auxiliando no processo de aprendizagem. Como já mencionado, o professor supervisor tem mais experiência, logo, essa troca de saberes é fundamental e auxilia para quem está ministrando aulas pela primeira vez. O professor também contribui nas atividades dos acadêmicos, repensando nas atividades que serão propostas, se são adequadas ou não para a faixa etária e ao ambiente, tornando o estágio um lugar onde os acadêmicos começam a crescer profissionalmente. Martins e Moraes (Ano, p.8)

Em relação ao estágio supervisionado, as autoras abaixo afirmam que:

> Este é considerado o momento em que as teorias aprendidas pelos acadêmicos são aliadas à prática bem como o momento em que o futuro profissional experimenta e atua efetivamente em seu campo de formação. As licenciaturas, responsáveis pela formação docente no âmbito universitário, tratam o estágio supervisionado, muitas vezes, como um momento de reprodução de modelos e técnicas, não privilegiando conhecimentos e habilidades que possam ser úteis para que os profissionais docentes enfrentem os novos desafios que se apresentam cada vez mais complexos no contexto educacional. (CORTE e LEMKE, p.1, 2015)

A ideia de que o estágio deva ser uma reprodução é um dos grandes entraves para que o futuro professor venha se tornar um profissional que atenda as demandas da sociedade atual. É necessário que o graduando reflita sobre as práticas utilizadas pelos professores na escola, tentando melhorá-la e por vezes vinculando-a a recursos inovadores com os quais tomou contato no meio acadêmico. Consideramos que a

passividade seja algo a ser abolido do estágio supervisionado, considerando que são bem vindas ações que levem a escola novas formas de vivenciar o ensino.

Assim, é importante que o futuro professor quando se depare com um recurso inovador, interaja com ele de forma critica, jamais o aceitando porque um profissional em prática docente o utiliza. O professor que chega à escola para o estágio deve perceber o ambiente escolar como um ambiente de pesquisa, onde deve interagir no sentido de melhorar a aprendizagem dos alunos, experimentando, obtendo resultados e refletindo.

Consideramos que:

> Desta maneira, o estágio supervisionado na formação de professores deve proporcionar ao aluno-professor, a junção entre conhecimentos teóricos e práticos e o desenvolvimento de aptidões fundamentais à docência: criatividade, autonomia, tomada de decisão e, sem dúvida, reflexão sobre sua atividade docente. (NETO et al, 2015, p.4)

Em relação à criatividade ela será fundamental para articulação de uma aula que almejamos dialogada, com recursos adequados e que chame a atenção do aluno. Neste sentido, é necessário desenvolver autonomia, articulando um curso que explore de forma positiva suas características pessoais, que pode ser a elaboração de experimentos ou a criação de uma peça de teatro, por exemplo.

Em relação ao primeiro contato de graduandos com o trabalho em sala de aula, o autor abaixo ressalta que:

> Concluímos que o primeiro contato dos futuros professores de Física é conflituoso, cheio de dilemas. E este primeiro contato é composto por reflexões baseadas em senso comum, cheias de preconceitos para o que já se esperava observar. No entanto, esse caminho, do primeiro contato até o ser professor, o futuro professor enfrenta inúmeras dificuldades e, para enfrentá-las, é necessária sustentação, reflexão teórica, ou seja, a teorização contínua e profunda da prática. (GONÇALVES e LELINGARDI, 2017, p.18).

Para evitar este ambiente conflituoso seria importante que graduandos encontrassem na sala de aula professores que refletissem sobre sua prática e que desejassem não só levar esse conhecimento para graduandos como também discutir novos métodos de ensinar. Dessa forma acreditamos que haja um ciclo vicioso, no qual, a má formação do professor colabore para que se mantenha a situação vigente, no qual, os professores pouco refletem sobre sua prática.

Diante disso consideramos que:

> Sob esta visão, o futuro educador deve assumir uma postura ativa diante os desafios da profissão. Faz-se necessário que os estagiários vejam a escola não somente como lugar onde eles irão exercer suas atividades profissionais, ou seja, numa perspectiva somente de ensinar ou transmitir informações, mas, também, um local, onde é possível aprender. (NETO et al, 2015, p.4)

Sobre a afirmação acima consideramos fundamental a recepção do profissional que se encontra em sala de aula ao futuro professor. Não só fornecendo informações, mas também mostrando que realiza um trabalho, no qual, considera as características de seu público alvo, suas principais dificuldades e procura atuar efetivamente no sentido de contornar os problemas existentes.

Em relação à importância da educação e de como o futuro professor a deva perceber, as autoras abaixo abordam que:

> A educação é responsável pela transformação e desenvolvimento social, por isso a necessidade e importância do futuro professor ter consciência de estar abraçando algo que vai exigir dele uma entrega de corpo e alma. E neste contexto, o professor necessita ter sede de ensinar e esta realidade se efetivará se o aluno buscar um comprometimento com sua prática. (SCALABRINI e MOLINARI, p.2, 2013)

É importante para o professor perceber o poder de transformação que a educação exerce na sociedade e de como esta colabora para o desenvolvimento social, verificando assim sua vital importância no processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

O ensino na escola deve buscar uma formação cidadã do aluno, segundo a LDB (1996), assim, no caso da Física, um ensino pautado na resolução de problemas e excessivamente matematizado não se constituirá no desenvolvimento de habilidades e competências desejáveis para o mesmo. Consideramos que é o professor quem poderá através de suas ações colaborar ou não para o desenvolvimento do aluno. Assim os recursos que utiliza, contribuirão de forma positiva ou negativa para formação que almejamos, daí a importância do graduando conhecer variados recursos didáticos, de preferência no momento em que chega a escola para o estágio, onde poderá associar a teoria aprendida na faculdade à prática.

Muitas são as dificuldades dos alunos no Ensino Médio no que tange o aprendizado da Física e sabemos que vários fatores colaboram com isso: a formação do professor, os recursos que utiliza, o currículo a ser cumprido, a gestão escolar, porém, o artigo contempla apenas discussões a respeito dos dois primeiros fatores

supramencionados, reafirmando sua importância para reflexão do professor em conexão com o estágio.

Uma vez na escola o aluno de graduação deverá refletir sobre várias questões, entre outras, questões colocadas pelas Orientações Curriculares Nacionais, tais como:

> E quem se pretende formar com o ensino de Física? Partimos da premissa de que no ensino médio não se pretende formar físicos. O ensino dessa disciplina destina-se principalmente àqueles que não serão físicos e terão na escola uma das poucas oportunidades de acesso formal a esse conhecimento. Há de se reconhecer então, dois aspectos do ensino da Física na escola: a Física como cultura e como possibilidade de compreensão do mundo. (ORIENTAÇÕES CURRICULARES NACIONAIS, 2006, p.53)

Um ensino de Física inclusivo passa pela escolha dos conteúdos e de sua abordagem, dos recursos a serem utilizados e de uma reflexão frequente dos resultados obtidos com sua utilização.

No caso do currículo de Física, na rede estadual do Rio de Janeiro, a mudança de 2012 trouxe novos conteúdos como: a Astronomia e a Física Moderna, que podemos considerar como fatores essenciais para atrair o aluno e motivá-lo para seu aprendizado. Mas os recursos a serem utilizados também são importantes e citamos aqui os lúdicos como de grande potencial para colaborar com o aprendizado dos alunos, entre outros, as fotonovelas podem ser consideradas como tal.

Fotonovelas no Ensino de Física

As fotonovelas podem colaborar para o desenvolvimento do aluno sobre vários aspectos: incentivar a leitura e a escrita, colaborar para elaboração de ideias e propiciar a utilização de recursos tecnológicos, já que é utilizado o editor de apresentações para sua elaboração.

Sobre essa questão podemos considerar que:

> As fotonovelas que são uma invenção antiga; mesmo assim, possibilitam que sua elaboração envolva o aluno em atividade relacionadas a: pesquisa de um tema de Física; elaboração de uma história no qual o tema se insira; obtenção de fotografias para compor a história; elaboração final da fotonovela no Microsoft Powerpoint. BERNARDES (2013, p.1)

A elaboração da fotonovela colabora não só para que o aluno seja ativo no processo de ensino e aprendizagem como também para que protagonize na escola, já que o mesmo pode ser estimulado a apresentá-la em sala de aula, discutindo seu

processo de preparação, bem como o conteúdo relacionado a Física, o que possibilita ao mesmo discutir tópicos da disciplina e a se aproximar da mesma, já que oportuniza falar sobre ela.

Uma vez prontas, também colaboram na interação com outros alunos se pensarmos que estas podem ser apresentadas à comunidade escolar através de uma mostra. Em Bernardes (2013) é relatado uma mostra de fotonovelas com conteúdos de Física realizada junto a alunos do Ensino Médio.

Em relação à realização de um projeto no qual é elaborada uma mostra de fotonovelas, consideramos que:

> A realização deste projeto mostra a possibilidade: da Física se aproximar mais do cotidiano do aluno a partir do momento que utilizamos uma nova tecnologia no ensino da disciplina; que conhecimentos de Física podem ser discutidos entre os alunos de forma lúdica. (BERNARDES, 2013, p.8)

Como podemos observar a elaboração do recurso envolve o desenvolvimento de habilidades e competências importantes para os alunos e consideramos que essas discussões são fundamentais para graduandos.

Consideramos que estimular a produção do recurso junto aos alunos seja utilizar uma metodologia ativa, sendo que:

> A Metodologia Ativa (MA) tem uma concepção de educação crítico-reflexiva com base em estímulo no processo ensino-aprendizagem, resultando em envolvimento por parte do educando na busca pelo conhecimento. Saluski e Oliveira p.1

Consideramos ainda que:

> ..., as metodologias ativas são um recurso de grande importância e podem favorecer de forma significativa e eficaz o processo de ensino e aprendizagem. A implementação dessas metodologias favorece a motivação autônoma quando inclui o fortalecimento da percepção do aluno de ser fator de sua própria ação, deste modo, as metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e buscam trazer novos elementos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do docente (FREIRE, 2006) apud Saluski e Oliveira (2018, p.2)

Para o graduando em Física a oportunidade de vivenciar experiências na qual o professor da escola na qual estagia, utiliza e discute uma metodologia ativa para o ensino de Física é fundamental para que o mesmo acredite que suas aulas possam ser mais dinâmicas.

Consideramos também que:

> A utilização dessas metodologias pode favorecer a autonomia do educando, despertando a curiosidade, estimulando tomadas de decisões individuais e coletivas, advindos das atividades essenciais da prática social e em contextos do estudante. Dentre umas das Metodologias Ativas utilizadas está a problematização, que tem como objetivo instigar o estudante mediante problemas, pois assim ele tem a possibilidade de examinar, refletir, posicionar-se de forma crítica. B orges e Alencar (2014, p.2)

Neste contexto de utilização de uma metodologia ativa é importante que o futuro professor se veja como alguém que possa desenvolver habilidades e competências importantes no aluno através do recurso que utiliza para ensinar e que num futuro próximo também esteja utilizando não só estas como outras ferramentas.

Em relação a metodologia ativa consideramos que:

> Adotar novas metodologias de ensino em que o aluno possa aprender através da dúvida, do questionamento, deixando de lado o papel de receptor e tornando-se construtor do próprio conhecimento, percebendo sua importância nesse processo de construção e as implicações que seus atos geram nas atividades educativas. Além disso, surge a necessidade de que os alunos obtenham habilidades e conhecimentos por si mesmos e não através de conhecimentos prontos . Paranhos et al (2017, p.2)

Em relação a desejável postura ativa do aluno no processo de ensino e aprendizado e de como as fotonovelas colaboram com isso, ressaltamos que:

> A ideia principal é tornar o aluno ativo em seu processo de aprendizagem e levar a Física a ser mais próxima do aluno. É importante que ele fale e discuta a disciplina e que ela se torne mais próxima, ainda que ele, em sua apresentação, ainda carregue dúvidas e fiquem visíveis suas dificuldades. Isso torna a Física mais inclusiva do que tem sido, pois mostra que o aluno pode se apropriar de conhecimentos ainda que tenha dificuldades visíveis. Todos são diferentes, o que faz com que apresentem trabalhos de qualidades diferentes; isso é normal e precisa ser compreendido para que a Física torne-se um pouco mais acessível. (BERNARDES, 2013, p.2)

Em relação a importância do protagonismo do aluno a autora abaixo destaca:

> O protagonismo de adolescentes reafirma-se como uma proposta políticopedagógica voltada ao desenvolvimento humano, na medida em que contribui para a formação de cidadãos críticos, solidários e atuantes na sociedade. (SILVA, 2009, p.5)

Ensinando cálculos matemáticos e sem aprofundar conceitos, o que é feito na maioria das vezes no Ensino Médio, fará com que o professor dificilmente o conseguira realizar um trabalho satisfatório no ensino de Física. É necessário que o aluno se sinta mais próximo da disciplina e que acredite que pode aprendê-la, nesse sentido o processo

de aprendizagem envolvendo as fotonovelas é satisfatório. Neste sentido, acreditamos que recursos lúdicos possam colaborar com o aprendizado do aluno.

Refletir sobre todas essas questões é fundamental para todo professor iniciante, qual ênfase devo dar ao curso, que recursos utilizarei e como motivarei os alunos, são perguntas pertinentes e que na maioria das vezes não fazem parte dos questionamentos dos professores que preferem afirmar que seu aluno não aprende por falta de interesse.

Por todas essas possibilidades apresentadas:

> A proposta de um programa de formação de professores que incorpore uma perspectiva crítico-reflexiva em direção à profissionalização do ofício de ensinar, é sem dúvida um grande desafio. De modo geral, os docentes responsáveis pela formação inicial de professores vêm utilizando, junto aos licenciandos, estratégias que procuram favorecer um processo reflexivo sobre suas práticas nos estágios supervisionados.(FUSINATO, 2004, p.4).

Considerando que o ambiente escolar na figura de seus atores (professores) também precise colaborar de forma efetiva com o futuro professor, relataremos aqui a experiência de oficina realizada com cinco alunos de graduação em Física para apresentação do recurso fotonovelas.

Objetivos:

O objetivo deste artigo é discutir a visão do aluno de graduação em Física da utilização de um recurso lúdico no ensino de Física: a fotonovela.

Metodologia:

O trabalho que relatamos neste artigo foi realizado em colégio público estadual situado na cidade de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro.

O colégio conta com os turnos matutino, diurno e noturno e oferece Ensino Fundamental, Médio e Educação de Jovens e Adultos para aproximadamente 670 alunos.

A escola conta com um laboratório de Ciências, um laboratório de Informática e espaços físicos como: auditório e quadra de esportes.

O trabalho foi realizado junto a cinco alunos de graduação de universidade pública situada na mesma cidade que oferece o curso de licenciatura em Física, que realizaram estágio supervisionado na escola com a supervisão da professora que é também autora deste artigo.

A oficina e toda discussão proposta neste trabalho foi proposta pelo professor supervisor escolar sem estabelecimento de parceria com o professor da universidade orientador do estágio.

Inicialmente reunimos os alunos para apresentação da oficina. A oficina consistia na discussão dos seguintes temas:

- ✓ Dificuldades no Ensino de Física;
- ✓ Recursos Dídáticos Lúdicos;
- ✓ Fotonovelas;
- ✓ Apresentações de fotonovelas elaboradas por alunos do Ensino Médio.

Apresentamos em Powerpoint o conteúdo relacionado, as fotonovelas e após as fotonovelas impressas elaboradas pelos alunos. Discutindo sua utilização e finalizando com uma entrevista para obtenção de sua visão da utilização do recurso.

As questões discutidas com os alunos foram sete e são transcritas abaixo:

1) Você já conhecia o recurso fotonovelas para utilização no ensino?
2) Conhece algum professor que utilize tal recurso?
3) Você acredita que seja um bom recurso para utilizar com os alunos?
4) Aponte pontos positivos para sua utilização.
5) Aponte pontos negativos para sua utilização.
6) Você se vê no futuro utilizando recursos semelhantes?
7) Seu curso de graduação possibilitou a você conhecer um recurso semelhante a este?

A fim de provocar discussões a respeito do recurso, foi apresentada uma fotonovela aos alunos através do Powerpoint cujo título era: Um dia na praia, cujo tema era transferência de calor por convecção, conteúdo de Física do 2^{o} ano do Ensino Médio.

Foram selecionadas três fotonovelas impressas para que os alunos tivessem acesso a versão impressa. As mesmas tinham os seguintes temas:

- ✓ Aquecimento global;
- ✓ Efeito Estufa;
- ✓ Transferência de calor por convecção.

Resultados:

A pesquisa que foi realizada com cinco alunos de graduação em Física, tendo ocorrido após a apresentação oral, que foi seguida de uma discussão a respeito da formação de professores e da utilização de recursos lúdicos com ênfase em fotonovelas.

Em relação à pergunta 1: Você já conhecia o recurso fotonovelas para utilização no ensino?

Todos os alunos responderam que não conheciam o recurso fotonovelas.

Em relação à pergunta 2: Conhece algum professor que utilize tal recurso?

Todos os alunos responderam que não conhecera nenhum professor que utilizasse recurso semelhante, que o recurso mais conhecido são os experimentos.

Em relação à pergunta 3: Você acredita que seja um bom recurso para utilizar com os alunos? Obtivemos os seguintes depoimentos:

"É uma abordagem diferenciada, que chama atenção do aluno e gera interesse".

"Utiliza a criatividade do aluno é atraente e de fácil leitura".

"É atrativo! O aluno se envolve com o conteúdo para produzir."

"Utiliza a criatividade do aluno, é atrativo e de fácil leitura".

A questão 4 pede que o mesmo enumere fatores positivos, os pontos positivos citados foram: fácil utilização, prende atenção e é atrativo.

O fato do aluno produzir uma fotonovela faz com que ele se envolva com o tema, o que é positivo.

A questão 5 pede que o mesmo enumere fatores negativos. O fator apontado como negativo pelos mesmos é a falta de aprofundamento do tema pelo aluno.

"Tem pouco conteúdo e excesso de textos".

"Pouco aprofundamento na pesquisa".

Em relação a pergunta 6: Todos se veem utilizando recursos semelhantes no futuro.

Em relação a pergunta 7: Nenhum deles teve na graduação acesso a recursos como estes.

Análise dos Resultados:

Em relação à primeira pergunta, observamos que nenhum dos alunos conhecia o recurso fotonovelas, porém, existem trabalhos abordando o tema desde 2009. Considerando a importância de que os alunos conheçam recursos diversificados, acreditamos que seria interessante que fossem trabalhados tais recursos ainda que através da leitura de artigos, durante a graduação.

Em relação à segunda pergunta, todos respondem que não conhecem nenhum professor que utilize o recurso, a pergunta procurava sondar se os mesmos já tiveram contato com o recurso durante o Ensino Médio.

Em relação à terceira pergunta, mesmo tendo tomado contato com as fotonovelas apenas através da oficina, os mesmos acreditam que seria um bom recurso a ser utilizado com os alunos, apesar do fator negativo que apontam na questão 4.

Quando solicitamos que apontassem fatores positivos, os mesmos citam vários fatores: fácil utilização, prende atenção e atrativo, o que mostra que os mesmos acreditam na possibilidade que sua utilização tragam bons frutos.

Quando solicitamos que apontassem fatores negativos, os mesmos citaram apenas um, que segundo os mesmos é a falta de aprofundamento. Neste caso, consideramos que o fato não é um problema para a utilização do recurso, pois depende do objetivo a ser alcançado. As fotonovelas com que tiveram contato foram elaboradas por alunos e por isso não foi exigido que os temas fossem aprofundados, há também a possibilidade dos professores produzirem ou solicitar aos alunos um maior aprofundamento.

Em relação à sexta pergunta todos eles se veem utilizando recursos como estes, que proporcionem ao aluno outras maneiras de aprender. Isto é importante para visualizarmos futuros professores que não reproduza na esmcola a forma como aprenderam a disciplina no Ensino Médio.

Em relação a sétima pergunta, nenhum deles teve contato com o recurso na universidade. Todos os alunos se vêm utilizando recursos variados e acreditam em sua importância, porém a universidade não traz recursos diversificados para que estes entrem em contato, de acordo com a resposta a sexta pergunta.

Conclusão:

Através deste trabalho verificamos a importância de que haja uma maior discussão à respeito de recursos didáticos a serem utilizados pelo professor, mostrando aos mesmos a importância de que o professor em sala de aula, utilize recursos diversificados, que possam favorecer o aprendizado do aluno. O mesmo pode ser introduzido em sua prática diária, não restringindo os alunos a contar apenas com aulas expositivas.

A questão do graduando apontar falta de aprofundamento do recurso é uma questão que precisa ser discutida e esta relacionada ao que já foi discutido neste artigo à respeito de a quem vai se ensinar Física e para que. A maioria dos graduandos deseja um aprofundamento que reproduz a situação vigente, de uma Física excessivamente matematizada na qual pouco se discute conceitos físicos que são importantes para o entendimento da mesma, o recurso além da discussão de conceitos, propicia também um trabalho com temas transversais.

A ultima pergunta também merece discussões, em contato com a universidade os mesmos não conheceram o recurso lúdico fotonovelas, o que mostra a importância de proporcionar a estes alunos um maior acesso a outros recursos que não o experimento, que citam como recurso principal utilizado.

A realização deste trabalho em escola pública mostra como o ambiente escolar pode favorecer o desenvolvimento do espírito crítico-reflexivo no futuro professor, inclusive fazendo-o visualizar a escola como um espaço de pesquisa.

Acreditamos que seja muito complicado chegar à escola e vivenciar experiências tais quais vivenciamos enquanto alunos, ainda que este tenha saído há pouco tempo da escola, as mudanças têm ocorrido em passos largos na sociedade, por que não na escola?

Em relação a complexidade do trabalho do professor em sala de aula, podemos considerar que:

> A atividade do professor em sala de aula é complexa, necessita criatividade, perseverança, conhecimento de si, dos seus alunos, bem como de todo o material de que dispõe para que seu trabalho flua e alcance os objetivos propostos. (SILVÉRIO, 2001, p. 30)

Da mesma forma o professor deverá perseverar diante das dificuldades que a escola oferece, mas também quando o uso de determinado recurso que lhe seja caro, não

obtenha o efeito esperado. Tais ações se darão de melhor forma para o professor que conhece o ambiente onde atua e a si mesmo, tanto quanto o material que utiliza. O estágio dessa forma deve colaborar fortemente para que o futuro professor vivencie tais experiências.

Em relação a importância do professor supervisor de estágio, consideramos que:

> O papel dos Professores supervisores é de mediador, que tem como objetivo proporcionar a ampliação do conhecimento na prática dos estagiários, oferecendo possibilidades de intervenção e partilhando experiências vivenciadas, não atuando apenas como avaliadores, mas também como orientadores e principalmente como estimuladores de futuros profissionais da área, oferecendo a oportunidade de ter uma experiência de estágio mais dinâmica e construída por momentos singulares que formam um "todo" no final do processo. MARTINS e MORAES (?, p4)

Ter reconhecida sua importância no processo de aprendizado de um futuro professor é de suma importância para que professores supervisores de estágio vejam de forma positiva a chegada de tal aluno na escola e trabalhar em parceria se possível com o professor orientador do estágio na universidade.

> Ao buscar identificar como os licenciandos concebem o papel do supervisor de Estágio e a participação deste durante os estágios pudemos sinalizar alguns pontos relevantes. Mesmo com o receio e o nervosismo, muitos estagiários conseguiram identificar as contribuições dadas pelo supervisor para superarem as dificuldades encontradas, e apontaram também que muitas falhas cometidas não seriam percebidas sem a intervenção do supervisor. Basniek e Paulak p.9

Em relação ao material disponibilizado aos alunos consideramos que ele mostrava que a Física tratada não era constituída apenas de conteúdos do currículo, mas também de temas transversais, como: aquecimento global e efeito estufa.

Do ponto de vista da formação do professor o trabalho apresentado neste artigo, mostra como o estágio pode atuar de forma a fazer com que os alunos reflitam sobre práticas utilizadas pelo professor em sala de aula, acreditando que isto seja de suma importância para sua formação.

Referências:

Bernardes, Adriana Oliveira. Fotonovelas no Ensino de Física. Revista Tecnologias na Educação – Ano 5 - número 9 – dezembro 2013 -http://tecnologiasnaeducacao.pro.br/

_____ Inovação no ensino de Física: uma mostra de fotonovelas. Disponível em:

http://educacaopublica.cederj.edu.br/revista/artigos/inovacao-no-ensino-de-fisica-uma-mostra-de-fotonovelas. Acessado em 03 de setembro de 2018. 2014

_____. Mostra de fotonovelas para o ensino e aprendizagem da Física no Colégio Estadual Canadá, de Nova Friburgo-RJ**.** Disponível **em:**<http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/fisica/0028.html>. Acessado em 03 de setembro de 2018. 2013

BRASIL. *LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf. Acesso em 7 mar. 2017.
_____. *PCN+ para o ensino de Ciências e Matemática.* Brasília: Ministério da Educação, 2006.
Corte, Anelise C. Dalla, Lemke, Cibele K. O estágio supervisionado e sua importância para a formação docente frente aos novos desafios de ensinar. Disponível em :<http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/22340_11115.pdf> Acessado em 03 de setembro de 2018.

Borges, T.S, Alencar, G. METODOLOGIAS ATIVAS NA PROMOÇÃO DA FORMAÇÃO CRÍTICA DO ESTUDANTE: O USO DAS METODOLOGIAS ATIVAS COMO RECURSO DIDÁTICO NA FORMAÇÃO CRÍTICA DO ESTUDANTE DO ENSINO SUPERIOR. Disponível em:< https://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/2014_2/08%20METODOLOGIAS%20ATIVAS%20NA%20PROMOCAO%20DA%20FORMACAO%20CRITICA%20DO%20ESTUDANTE.pdf>. Acessado em 04/06/2019.
FUSINATO, Polonia Altoé. O ESTÁGIO SUPERVISIONADO E A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS. Disponível em:

abrapecnet.org.br/atas_enpec/venpec/conteudo/artigos/1/doc/p859.doc Acessado em 03 de setembro de 2018.

GONÇALVES, Willians Roberto, SELINGARD, Gabriela. Perspectiva(s) do futuro professor de física em relação à docência a partir da experiência do estágio supervisionado ACTIO, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 204-224, jan./jul. 2017.

NETO, Geraldo Martins. SILVA, Vailton Afonso, ROCHA, Márcio Santos. A Contribuição do Estágio Supervisionado na Formação Docente dos Licenciandos em Física do IFNMG-Salinas IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015

Paranhos, M.C.R, Paranhos, M.L.R, Souza Filho, L.C, Santos, J.R.
METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA. Revista UNILUS Ensino e Pesquisa v. 14, n. 36, jul./set. 2017
Scalabrin, Isabel Cristina, Molinari, Adriana M. Corder. A importância da prática do estágio supervisionado nas licenciaturas. Disponível em: http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol7_n1_2013/3_a_importancia_da_pratica_estagio.pdf. Acessado em 03 de setembro de 2018.

SILVA, Thais Gama da. *Protagonismo na adolescência: a escola como espaço e lugar de desenvolvimento humano*. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

SILVÉRIO, António dos Anjos. As dificuldades no ensino/aprendizagem da Física. Disponível em:

https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105360/FSC0003-M.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Acessado em 03 de setembro de 2018.

Zaluski, F.C, Oliveira, T.D. **Metodologias Ativas: Uma Reflexão Teórica sobre o Processo de Ensino e Aprendizagem**. Congresso Internacional de Educação e Tecnologias.

A UTILIZAÇÃO DO TANGRAM NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ALUNOS COM TDAH NAS AULAS DE MATEMÁTICA.

Ticiany Marques da Silva[1]
Leonardo Lira de Brito[2]

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo mostrar detalhadamente como o tangram pode auxiliar os alunos com TDAH no ensino e aprendizagem de conteúdos matemáticos. O trabalho foi desenvolvido na modalidade de pesquisa qualitativa, as aplicações ocorreram em uma Escola Municipal da cidade de Baraúna – PB. A pesquisa foi desenvolvida com três alunos, sendo esses alunos do 7º ano e 9º ano de Ensino Fundamental II que tinham diagnostico de TDAH. Aplicamos uma sequência de atividades matemáticas de modo que esses alunos desenvolvessem ideias de formas geométricas e de frações. Nestas atividades podemos notar se existe algumas lacunas e dificuldades apresentas pelos alunos com relação a esses conteúdos. Ao observar as atividades desenvolvidas chegamos à conclusão que o tangram pode ser utilizado com uma ferramenta de ensino na matemática para alunos com TDAH, pois fez com que esses alunos permanecessem concentrados por maior tempo do que em uma aula regular de matemática, um maior envolvimento e participação desses integrantes fazendo com que avesse uma troca de experiência e aprendizado do conteúdo.

Palavras-chave: Educação matemática inclusiva; Educação especial e inclusiva; material didático manipulativo.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem aproximadamente 24% da população[3] com algum tipo de deficiência. Porém, mesmo quase um quarto da população total brasileira existem poucos recursos e investimento. Quando pensamos na educação esses recursos se tornam mais escassos.

Dentre essas deficiências vamos no aprofundar nos transtornos de aprendizagem. O transtorno de aprendizagem é diferente de dificuldade de aprendizagem, pois a dificuldade é quando o aluno tem alguma defasagem no ensino ou problema familiares, entre outros.

[1] Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, ticianymarques@hotmail.com;
[2] Mestre pelo Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, leonardolirabrito@gmail.com;

[3] Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012)

Já o transtorno de aprendizagem é quando o aluno tem uma inabilidade em um determinado conteúdo, como leitura, escrita ou matemática e apresenta seus primeiros sintomas quando ingressa na escola e só pode ser diagnosticado por médicos é e sempre uma avaliação multidisciplinar.

> O termo transtorno deve ser utilizado para dificuldades mais amplas que envolvam déficits no SNC. O termo dificuldades de aprendizagem deve ser empregado para designar dificuldades atribuídas a falhas extrínsecas aos estudantes, representadas pelas condições sócio-econômicas, culturais ou afetivas. (THIELE, 2017, p.74)

Os transtornos de aprendizagem incluem algumas deficiências que são dislexia, transtorno de escrita, transtorno de habilidades matemáticas, transtorno do espectro autista e transtorno de déficit de atenção/hiperatividade.

O transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) tem como característica a desatenção, impulsividade e hiperatividade, porém ele não é um transtorno especifico da aprendizagem, todavia seu transtorno causas bastantes dificuldades na aprendizagem no decorrer de todo a sua educação.

Os alunos com TDAH, em muitos casos têm dificuldades em áreas específicas, sendo elas a produção textual, escrita, grafia, ortografia e matemática. Na matemática os estudantes apresentam dificuldades em cálculos, problemas que envolvem várias operações ao mesmo tempo ou por falta de atenção.

Para Rotta, Ohlweiler e Riesgo (2016, p. 348)

> A maior frequência de erro ocorreu nas situações-problemas em que:
>
> - O enunciado era extenso; ou
> - Havia números representados em numeral e na forma escrita; ou
> - O início ou o montante eram desconhecidos (incógnita não era o resultado da ação); ou
> - A resolução era impossível.

Podemos perceber que os alunos com TDAH, apresentam dificuldades em compreender a matemática pois muitas vezes envolve interpretação de texto e muita atenção e como a desatenção e uma das características do TDAH. E o desafio do professor é fazer com que esse aluno desatento, hiperativo consiga entender e aprender matemática.

Para um melhor desenvolvimento dos alunos com TDAH dentro de sala de aula o professor pode utilizar algumas estratégias como citam Rotta, Ohlweiler e Riesgo (2016, p.342 a 343), o professor deve estabelecer rotina diárias clara, utilizar recursos audiovisuais, fazer

algumas adaptações dentro de sala de aula, isto é, colocar esse aluno perto da mesa do professor, e que não fique perto de janela e portas para que assim fique longe de distrações maiores, sempre que puder fazer *feedbacks*, reduzir o tamanho das atividades e explicar de maneira clara e lenta os conteúdos e nas avaliações algumas vezes, o aluno vai precisar de tempo extra e intervalos durante algumas atividades.

Um Recurso bastante importante não somente na educação, mas também na educação inclusiva é os Materiais Didáticos Manipuláveis (MDM), pois é uma maneira que a maioria dos alunos consegue compreender e de fácil percepção.

Quando pensamos trabalhar com os MDM com alunos com TDAH, devemos pensar em materiais que possam ser utilizados de forma dinâmica, fazendo com que o aluno seja ativo e criativo, utilizando o corpo não somente o cognitivo nessa interação.

> As atividades lúdicas, além de facilitarem a aprendizagem, favorecem a socialização e a cooperação entre os alunos. A escola deve promover as atividades lúdicas para fomentar a aprendizagem, propondo atividades desafiadoras que possibilitem a construção de conhecimentos, dando oportunidades ao aluno com TDAH de ser mais criativo, participativo e ativo, levando-o a adquirir atitudes de respeito mútuo, dignidade e solidariedade. (CUNHA, 2012, p.57)

A utilização do MDM com alunos com TDAH, faz com que esses alunos tenham mais compreensão do conteúdo apresentado e uma maior concentração do que em uma aula tradicional, fazendo ainda com que tenha uma maior integração e interação dentro de sala de aula.

> O lúdico e os jogos são caminhos para aprendizagem de habilidades e regras. Como crianças com TDAH tem dificuldades em seguir regras, mesmo com algumas atividades lúdicas, estes podem demonstrar comportamento disperso, mas ainda assim é necessário aprenderem a brincar com regras e a jogar (PEREIRA, 2017, p.29)

Com MDM o professor pode trabalhar com a construção do mesmo, fazendo com que esses alunos comecem a se interessar já na construção, fazendo então com que alunos com TDAH utilize sua a criatividade e hiperatividade ao seu favor, pois a construção do MDM além de trazer estímulo na compreensão do conteúdo, faz com esse aluno se movimente e utilize vários materiais, diferente da aula regular.

Assim à pergunta que norteou nossa pesquisa foi: **De que forma o tangram pode auxiliar no desenvolvimento de alunos com TDAH no ensino e aprendizagem de matemática?**

Tendo como objetivo identificar as potencialidades e limitações do uso do tangram no ensino e aprendizagem de matemática para alunos com TDAH e também refletir sobre o ensino de matemática na educação inclusiva.

Nesse sentido buscamos neste trabalho construir uma discussão sobre a educação inclusiva na matemática utilizando o tangram como uma ferramenta de auxilio no processo de ensino e aprendizagem de alunos com TDAH. Utilizando como suporte alguns decretos, leis, fazendo com que a pesquisa tenha um levantamento bibliográfico focado no tema a qual estamos trabalhando.

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DAS ATIVIDADES REALIZADAS COM OS ALUNOS COM TRANSTORNO DE DÉFICITI DE ATENÇÃO/HIPERATIVIDADE.

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola do município de Baraúna – Paraíba, com alunos de Ensino Fundamental II, onde a escola possui uma sala de atendimento educacional especializado para que os alunos com deficiência comprovado com laudo médico, possam frequentar e ter um ambiente preparado desenvolver e facilitar o aprendizado, além de contar com um psicólogo em sua rede de ensino.

Neste trabalho, para preservar o anonimato da escola e dos participantes da pesquisa, o nome da escola e dos alunos que participaram da pesquisa serão apresentados das seguintes formas: a escola será chamada de escola X e os três alunos participantes serão chamados de aluno A, aluno B e aluno C.

Os alunos que participaram da pesquisa apresentam laudos médicos comprovando que tem TDAH, por isso não estamos trabalhando com grande quantidade de alunos, pois muitos não têm laudos e não podemos dizer se é TDAH só porque o professor observou alguns comportamentos. Nesta pesquisa foi trabalhado com três alunos, com idades de 13 a 15 anos, sendo um do 7º ano e dois do 9º ano.

Iremos relatar as duas atividades que foram desenvolvidas com os alunos com TDAH, na escola X, tendo como objetivo mostrar detalhadamente como o tangram pode auxiliar os alunos com TDAH no ensino e aprendizagem de conteúdos matemáticos.

As atividades desenvolvidas têm o propósito de verificar as potencialidades e as limitações do tangram no ensino e aprendizagem da matemática nos alunos com TDAH.

Essas atividades aconteceram em dois encontros no mês de maio e junho, com esses três alunos atendidos ambos no mesmo horário, nas quintas-feiras pela tarde, começando pela história do tangram para depois iniciarmos sua construção e na segunda atividade trabalhar com noção de fração com esses alunos.

Vale ressaltar que essa pesquisa é de cunho qualitativo, onde temos como objetivo tentar compreender e descrever com precisão os dados coletados, sendo observado e elevado em conta determinados fenômenos, como por exemplo, ambiente a qual está localizado. Fazendo assim com que esse trabalho tenha uma maior aproximação do problema e um maior entendimento a qual está sendo investigado.

De acordo com Silveira e Córdova (2009, p.32) a pesquisa qualitativa tem algumas características:

> As características da pesquisa qualitativa são: objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar, precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno; observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados os mais fidedignos possíveis; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências.

Os dados coletados da pesquisa foram em forma de fotos, gravação de áudio e observação do professor a qual aplicou as atividades, sempre observando o processo como um todo, focando como os alunos iam se desenvolvendo no decorrer das atividades, não somente o resultado final. A análise dos dados foi feita a partir das gravações dos áudios e de forma intuitiva as descrições foram sendo abordadas

ATIVIDADES COM O TANGRAM

Conteúdos trabalhados:

- Construção de figuras geométricas;
- Formas geométricas;
- Noções básicas sobre fração;

Objetivos:

- Conhecer a história do tangram;
- Construir o tangram;

- Verificar se os alunos conhecem as figuras geométricas que compõem o tangram;
- Construir ou reforçar a ideia de frações utilizando o tangram como recurso didático.

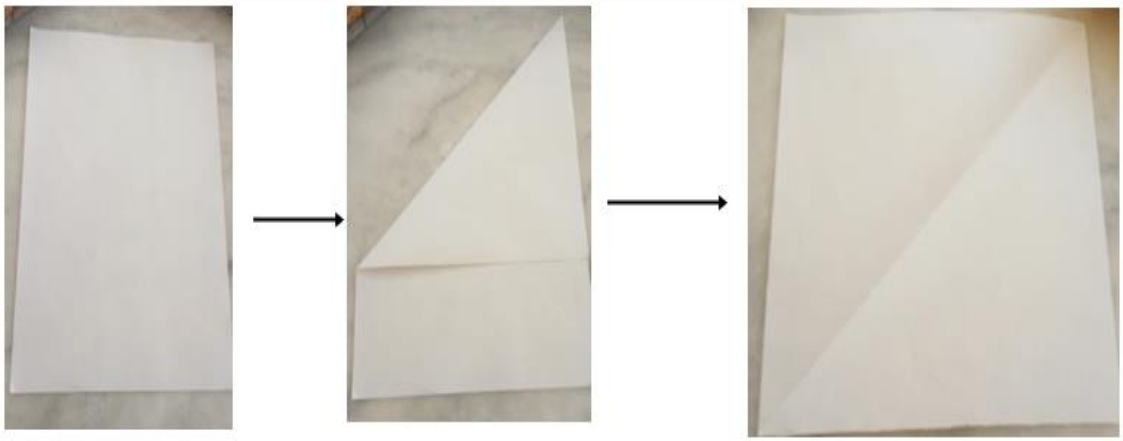
Materiais para construção do tangram:

- Cartolina guache;
- Tesoura;
- Folha de oficio

A construção do tangram vai ser feita a partir de dobraduras, para que assim o aluno possa compreender com mais facilidade como é construído o tangram e suas formas geométricas, segue abaixo o passo a passo que podem utilizar com os alunos.

Primeiro passo: Cada aluno tinha uma folha sulfite e pedimos que eles fizessem um quadrado, da seguinte maneira.

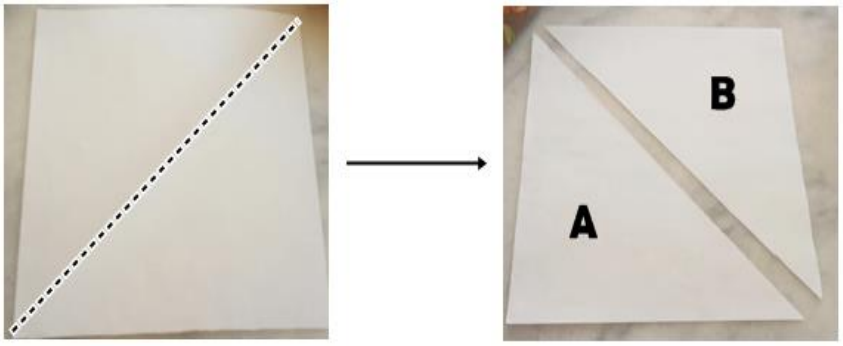
Figura 1. Primeiro passo para construção do Tangram



Fonte: Autoria Própria (2018)

Segundo passo: Após obter um quadrado, pedimos que os alunos dobrassem o quadrado ao meio formando dois triângulos, após formarem os dois triângulos pedimos para que esses alunos o cortassem.

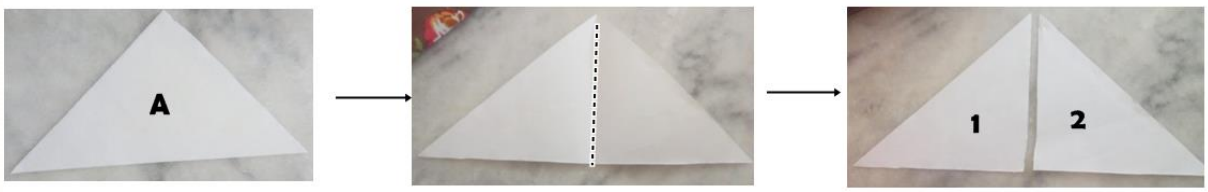
Figura 2: Segundo passo para a construção do tangram



Fonte: Autoria Própria (2018)

Terceiro passo: Chamamos os triângulos cortados de A e B, no triângulo A pedimos que eles dobrassem novamente o triângulo ao meio, formando assim dois triângulos menores iguais.

Figura 3: Terceiro passo para a construção do Tangram

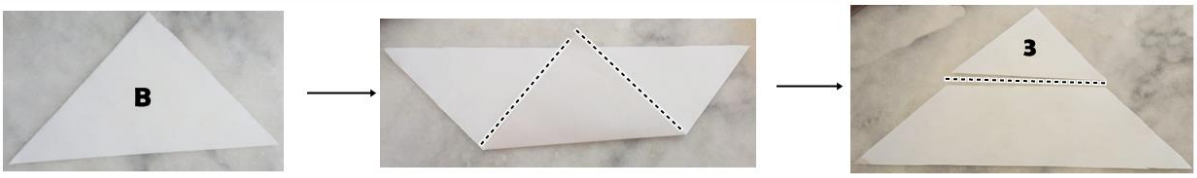


Fonte: Autoria Própria (2018)

Quarto Passo: Com a construção desses dois triângulos menores, chamamos de triângulo 1 e 2.

Quinto passo: Já no triângulo B, fizemos uma marca no meio do triângulo, depois dobramos a ponta do triângulo que está oposta a essa marca, na marca, formando um novo triângulo e depois de formar esse triângulo cortamos esse triângulo.

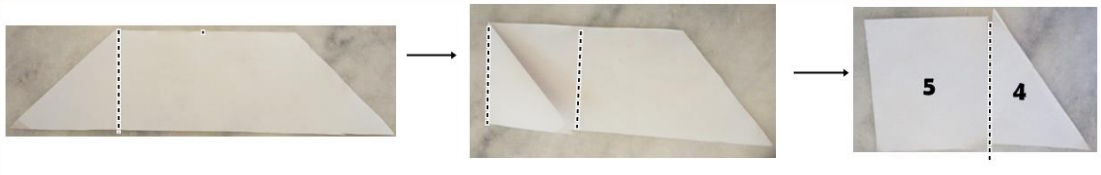
Figura 4: Quarto passo da construção do Tangram



Fonte: Autoria Própria (2018)

Sexto passo: Observe que quando cortamos o triângulo 3, a figura que formou foi um trapézio, e neste trapézio pedimos que os alunos dobrassem ao meio, depois que dobraram ao meio pedimos que abrisse o papel de novo e pegasse uma metade e dobrasse ao meio de novo, formando o quadrado 5 e o triângulo 4.

Figura 5: Quinto passo para a construção do Tangram



Fonte: Autoria Própria (2018)

Sétimo passo: Observe que ao recortar o quadrado 5 e o triângulo 4, sobrou um trapézio e com esse trapézio, cortamos onde formamos o triângulo, fazendo assim com que tivéssemos o triângulo 6 e o paralelogramo 7.

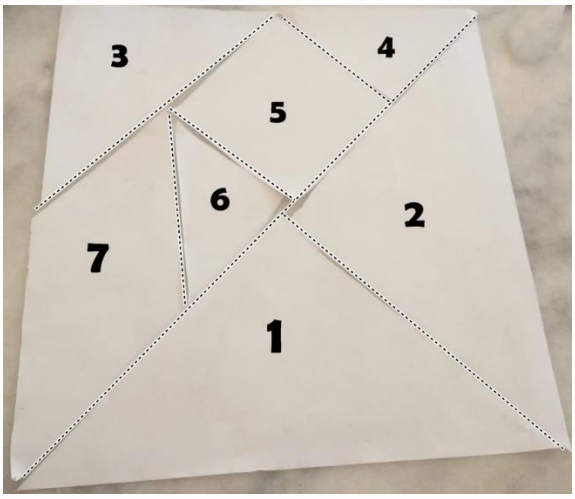
Figura *6*: Sexto passo para a construção do Tangram.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Oitavo passo: Após isso, formamos o Tangram e os alunos recortaram essas figuras no papel madeira para que assim pudessem manipular, sem que o papel se rasgue ou deforme-se e assim podíamos formar outras figuras com suas peças.

Figura 7: Tangram construído.



Fonte: Autoria Própria (2018)

A descrição a seguir se refere a atividade desenvolvida com três alunos com TDAH, em uma Escola Municipal da cidade de Baraúna – PB, sendo esses alunos na faixa etária de 13 a 15 anos, sendo um aluno da turma de 7º ano e os outros dois do 9º ano.

O primeiro contato ocorreu com intermédio do diretor o qual nos apresentou os alunos e explicou que íamos fazer uma atividade com eles, então fomos levados para uma sala de aula regular e percebemos que no primeiro momento que os alunos ficaram bastante apreensivos.

Para iniciar a atividade, começamos perguntando se os alunos conheciam ou sabiam

algo sobre o Tangram, todos responderam que não, então apresentamos o Tangram para eles e explicamos uma de suas lendas e sobre o surgimento, a partir desse momento os alunos apresentaram bastante motivado para trabalhar com o Tangram.

Depois de contarmos sobre como surgiu o Tangram, entregamos aos alunos uma cartolina guache em forma de uma folha A4 e explicamos passo a passo como fazer para construir um tangram, os alunos no começo pediram para que explicasse mais uma vez alguns passos e estavam bastante curiosos para ver o Tangram finalizado, pois queriam formar as figuras.

Em sua construção, fomos perguntando quais as figuras que iam surgindo e percebemos que os alunos não conseguiam identificar essas figuras, então intervimos e explicamos.

Figura 8. Alunos montando o Tangram



Fonte: Autoria Própria (2018)

Na construção do tangram foi possível observar que os alunos não sabem as formas geométricas mais conhecidas e isso foi sendo levado com eles no decorrer do ensino fundamental II, porém muitas vezes isso acontece por que os professores na maioria dos casos não sabem trabalhar com alunos com dificuldades de aprendizagem e isso acaba fazendo com que esses alunos sejam aprovados sem ter uma base de ensino adequada para o nível escolar em que se encontra. Corroborando com isso (Silva, 2017, p.29), diz que:

> [...] os professores ainda não demonstram preparo para atender ao processo especial de aprendizagem desses alunos. Isso vem gerando um grande

> problema para a educação, pois os estudantes que apresentam necessidades especiais, muitas vezes, são aprovados de um ano de ensino a outro sem haver preocupação, por parte das instituições, com a aprendizagem dos mesmos, fazendo com que fiquem apáticos às aulas e façam parte da escola apenas como números.

Logo, os conceitos básicos de matemática podem ser passados sem ser compreendido pelos alunos, ocorrendo depois um atraso ao se deparar com algum assunto que precisem desses conceitos nos anos seguintes.

Após a explicação das formas geométricas deixamos os alunos livres para que pudessem usar sua criatividade e desenvolver figuras sem restrição, os alunos mostraram bastante empolgados, pois iriam criar suas próprias figuras, já que, tínhamos comentado que dava para formar mais de 1700 figuras utilizando o tangram.

Em seguida, mostramos a figura de um gato e pedimos que os alunos tentassem reproduzir. No primeiro momento, mostraram dificuldades em associar quais formas geométricas que deveriam utilizar para formar o gato, mesmo a imagem mostrando as peças, mas no decorrer das tentativas e erros, conseguiram compreender e reproduziram o que foi pedido.

O TDAH, tem uma característica que é a desatenção é isso pode ter influenciado na dificuldade de reproduzir a figura, pois para a construção das figuras precisa de uma atenção maior para entender como as figuras estão sendo montadas, fazendo com que eles demorassem um tempo maior do que o estimado para monta-lo.

Porém, no decorrer das outras figuras, podemos observar que sua atenção e percepção foi sendo aumentada, pois começava a olhar mais atentamente para a figura, sem ter a pressa de tentar montar no tangram, para que assim cometessem menos erros e fazendo mais rápido.

Outra figura pedida para que fosse reproduzida foi a do barco, onde os alunos já conseguiam fazer com uma maior facilidade do que a primeira figura, depois do barco pedimos para que eles montassem a figura de uma casa, onde apresentaram uma maior facilidade, assim percebemos que o raciocínio lógico dos alunos foi sendo cada vez mais rápido no decorrer do trabalho.

Podemos perceber com essa atividade que os alunos se mostraram bastantes motivados, querendo fazer mais figuras e nesta atividade percebermos que mesmo todos

alunos tendo TDAH e sendo mais ou menos da mesma faixa etária, o nível de cada um é bastante diferente, em relação ao raciocínio lógico pedido para formar as figuras, porém no decorrer da atividade percebemos que esse nível pode ser igualado, já que conseguiam concluir as outras atividades quase no mesmo tempo e o Tangram conseguiu fazer com que os alunos tivesse uma maior concentração e atenção na proposta sendo um auxílio no ensino e aprendizagem de matemática.

Continuando a atividade, fomos para o quarto passo da atividade, onde trabalhamos as construções de formas geométricas a partir do Tangram e percebemos que os alunos ficaram bastante surpresos ao construir um quadrado utilizando triângulo ou mesmo um triângulo maior utilizando outros triângulos.

Percebemos que quando os alunos começaram a manipular o Tangram para chegar nas respostas, todos os alunos foram por tentativa e erro, ia testando peça por peça para ver qual formava um quadrado, conseguimos notar que estavam bastante empolgados para descobrir qual formava e até mesmo tentar chegar primeiro na resposta do que os colegas, após um tempo os alunos chegaram no resultado.

Note que o material didático manipulativo, nesse caso, o Tangram, mostrou de suma importância para que os alunos compreendessem esta atividade, pois se os alunos não pudessem manipular, poderia ocorrer de não chegar na resposta ou demorar muito mais do que foi planejado. O MDM fez com que esses alunos pudessem trabalhar com logica e dedução matemática de uma forma lúdica e dinâmica, ainda fazendo com que suas dificuldades fossem sendo diminuídas no decorrer da atividade.

Os alunos continuaram manipulando o Tangram para descobrir quais eram as peças que formariam o quadrado, porém já conseguiram resolver em menos tempo do que o primeiro e mostraram felizes e surpresos ao conseguir responder rapidamente.

Quando fizemos a atividade de montar um quadrado utilizando quatro peças, foi onde tivemos uma maior discussão, pois poderia ser formado de três formas diferentes e ficaram surpresos, pois montaram o quadrado, mas não utilizaram as mesmas peças e não notaram que utilizando como peça o paralelogramo podia formar também um quadrado.

Próximo de acabar o tempo estimado com eles de 1 hora, pedimos que eles tentassem

fazer um retângulo com a maior quantidade de peças possíveis, porém percebemos que os alunos estavam meio sem entender como montar, ao contrário que aconteceu nas outras atividades, os alunos não estavam nem tentando descobrir quais peças formavam o retângulo, até que o aluno B perguntou o que era um retângulo e os outros dois alunos concordaram que também não sabiam, o que nos surpreendeu por se tratar de alunos de 7º e 9º ano.

Então explicamos que um retângulo e desenhemos sua representação no quadro branco, após isso conseguiram compreender e começaram a montar o retângulo, conseguiram montar somente com três peças, mas mostrando que podia ser montado com quatro, cinco e seis peças, ficaram bastante surpresos e após cada um montando, os alunos replicaram e conseguiram montar os retângulos.

Faltando 10 minutos para terminar a atividade, pedimos para que cada aluno falasse um pouquinho do que tinha achado, em primeiro momento estavam envergonhados, mas depois começaram a dizer o aluno A, foi o primeiro a falar dizendo que não gostava de matemática por que achava que não conseguia entender matemática, mas com o Tangram tinha até aprendido as figuras geométricas a qual o professor falava e ele não conseguia entender.

O aluno B, contou que se achava “burro” por não conseguir compreender matemática, mas que com o jogo se tornou legal e fácil. Já o aluno C falou, que achou muito legal aprender matemática daquele jeito e queria que as aulas sempre fosse assim.

DESCRIÇÃO DO SEGUNDO MOMENTO UTILIZANDO O TANGRAM.

A segunda atividade ocorreu, duas semanas depois, por motivos de força maiores não pode ocorrer na semana posterior, porém ocorreu de somente dois alunos estarem presente no dia, o aluno A e o aluno C.

Antes de iniciarmos a atividade, fizemos um *feedback* do que tinha ocorrido na outra atividade, perguntamos o que eles lembravam o que era o Tangram, porém não conseguiam se lembrar do nome de algumas formas geométricas, sendo assim revisamos e iniciamos o assunto de fração.

Para iniciarmos o assunto da atividade 2, que envolvia noções de frações com o tangram, explicamos que íamos trabalhar novamente com o tangram, mas de uma maneira diferente e entregamos uma folha de oficio, dizendo que os resultados que encontrássemos íamos anotar nessa folha.

Em seguida, perguntamos para os alunos quantos triângulos pequenos eram necessários para cobrir totalmente o tangram, no primeiro momento pensamos que eles iam lembrar que o tangram e formado por quatro triângulos grandes e como cada triângulo grande e composto por quatro pequenos eles iriam fazer a soma ou multiplicação, porém os alunos manipularam o tangram para descobrir, colocando o triângulo menor e marcando para chegar no resultado.

Após isso, tivemos algumas perguntas sobre se o que estávamos trabalhando existia matemática, e os alunos não conseguiam fazer uma ligação do que estávamos trabalhando com a matemática e quando explicamos que existia uma forma de representar matematicamente o que estávamos fazendo, percebemos que estavam surpresos e ao dizemos que era fração notamos, que nenhum dos alunos sabiam o que era fração, já tinham estudado, porém não conseguiam entender esse conteúdo.

Observe que os alunos começaram a compreender fração a partir que nós intervimos e explicamos o que era, depois começamos a explicar com os resultados que obtemos com o tangram, no começo os alunos não conseguiam compreender a questão do numerador e o denominador, porém no decorrer da atividade foram conseguindo entender e tentar fazer algumas frações sozinhos.

Depois que tivemos a explicação, os alunos ainda achavam que seria as setes peças do Tangram seu denominador, após explicar que como contamos com triângulo pequeno, então seu denominador deveria ser a quantidade de triângulos pequenos que cobriam o Tangram, logo lembraram de suas anotações e conseguiram montar a primeira fração utilizando as notações e o Tangram.

Com isso, repetimos o processo para o quadrado, e os alunos já conseguiam colocar os números em forma de fração, fazendo com que a noção de fração tenha sido aprendida ou reafirmadas pelos alunos, pois neste momento os alunos já não estavam precisando da intervenção para conseguir responder e entender os resultados.

Após a aplicação da segunda atividade pedimos que os alunos escrevessem o que tinham aprendido com a atividade, porém todos os alunos colocaram que tinha gostado e que tinha aprendido muito, cada um colocou somente uma frase, e quando nos entregaram percebemos que seria melhor perguntar para eles o que tinha achado.

Podemos perceber que os alunos comentaram que não entendiam fração e no decorrer da segunda atividade, começaram a compreender e ter a noção sobre o que é fração, fazendo

com que o Tangram apresentado de forma lúdica seja usado como um material didático manipulável para o ensino também de fração, pois sua forma de explicar o conteúdo e lúdica e também cada aluno consegue aprender em seu tempo, fazendo assim com que sua compreensão seja mais fácil. Mostrando que alunos com TDAH, conseguem ficar até mais concentrados ao utilizar um material manipulativo no ensino e aprendizagem da matemática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do desenvolvimento da pesquisa podemos notar que os alunos acabam sendo aprovados sem alguns conceitos básicos da matemática, fazendo com que no futuro tenha um prejuízo ou até mesmo atraso por não saber desses conceitos.

Diante da análise dos dados obtidos, podemos afirmar que a utilização do material didático manipulativo, tangram, foi um recurso que mostrou bastante eficaz para se trabalhar com alunos com TDAH, pois conseguiu despertar a curiosidade, prender a atenção desses alunos, fazendo com que se concentrassem em um longo período de tempo, com isso, fez com esses conteúdos pudessem ser compreendidos de forma mais fácil.

Fazendo também com que a ideia de formas geométricas e de fração pudessem ser aprendidos e sanados algumas dúvidas que surgiram no decorrer da atividade, observe que essas dificuldades poderiam ser levadas para o Ensino Médio, onde encontraria uma maior complicação por ser assuntos que precisam dessa base.

A utilização do Tangram mostrou que podemos trabalhar tanto com a introdução de alguns conteúdos matemáticos como também fixação desses conteúdos, fazendo com que os alunos com TDAH possam aprender de uma forma mais fácil e lúdica. O Tangram é um MD que prende a atenção e cada aluno pode aprender no seu tempo e da sua forma, pois sua utilização vai dar manipulação do aluno, tendo só intervenção do professor quando apresentam muitas dificuldades ou estão formando conceitos equivocados.

A experiência observada, mostrou que essa pesquisa ainda pode ser bastante aprofundada, utilizando outros materiais didáticos manipuláveis, tendo em vista a complexidade de se trabalhar com o TDAH, pois sabemos que uma das maiores dificuldades de alunos com TDAH é na matemática, por se tratar de aulas somente expositivas e que precisam de bastante atenção e concentração para entender determinado conteúdo.

Portanto, trabalhar na Educação Matemática inclusiva é um desafio, porém quando o professor tem uma base sobre o assunto e se interessa em tentar ajudar esses alunos com algum tipo de deficiência essa inclusão se torna mais acessível é fácil.

REFERÊNCIAS

CUNHA, A. C. T. **Importância das atividades lúdicas na criança com Hiperatividade e Défice de Atenção segundo a perspectiva dos professores.** 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação na Especialidade de Domínio Cognitivo-motor) – Escola Superior de Educação João de Deus, Lisboa, 2012. Disponível em: < https://pt.scribd.com/document/288643873/TeseAnaCunha> acessado no dia 03 de dezembro as 12:34hrs

PEREIRA, R. M. de F. **Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH):** Práticas pedagógicas que auxiliam em sala de aula. 2017. 37. Monografia (Licenciatura em Pedagogia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ. 2017. Disponível em: <http://www.pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/2258/1/RMFPereira.pdf> acessado no dia 3 de dezembro de 2017 as 14:23hrs

ROTTA, N. T.; OHLWEILER, L.; RIESGO, R. S. (Org.). **Transtornos da aprendizagem**: abordagem neurobiológica e multidisciplinar. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SILVA, J.J.B. **O contexto da inclusão e o ensino de matemática na perspectiva da teoria histórico-cultural.** 2017. 97 f. Monografia (Licenciatura em Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Matemática, Uberlândia – MG. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20923/3/ContextoInclus%C3%A3oEnsino.pdf> acessado no dia 25 de junho de 2018 as 16:44hrs

SILVEIRA, T.D e CÓRDOVA, F.P. **A pesquisa cientifica.** In: SILVEIRA, T. D. e GERHART, E. T. **Métodos de pesquisa** / [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira ; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf> acessado no dia 26 de junho de 2018 as 11:06hrs

ABORDAGEM SOBRE A EDUCAÇÃO DE SURDOS NOS ANAIS DO CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS (CONAPESC)

Camila Ingrid da Silva Lindozo [1]
Renato Amorim da Silva [2]
Karlene Felix dos Santos [3]
Rafaela Alcântara Barros de Oliveira [4]

RESUMO

A educação de surdos, muitas vezes, é tratada de forma segregada no ensino, nesse sentido, diversos são os trabalhos que apontam os desafios encontrados na educação de tais indivíduos, e apresentando a necessidade de perspectivas inclusivas. Dessa maneira, o presente artigo tem como objetivo verificar a abordagem sobre a Educação de surdos nos anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC). A pesquisa possui uma abordagem quali/quantitativa, do tipo descritiva e se iniciou a partir da verificação de trabalhos nos anais das três edições do evento. A análise dos trabalhos se deu a partir das perspectivas de Bardin com a leitura flutuante e com uma breve discussão das principais ideias abordadas em cada produção. Assim, foram elegidos cinco trabalhos que se adequaram a proposta do artigo, onde dois fizeram uso de Questionários e Entrevistas, um abordou a Produção de recurso didático, outro um Levantamento bibliográfico e o último a Construção de um recurso tecnológico. Em ambos os trabalhos, verificou-se a discussão sobre a formação de professores que se encontra prejudicada, a necessidade de adaptação de metodologias e estratégicas de ensino, inclusão de surdos nas atividades, entre outros aspectos. Apesar da carência de trabalhos publicados relacionados a temática, é perceptível a variedade de possibilidades que podem ser atribuídas e desenvolvidas na perspectiva de uma educação inclusiva, e principalmente na formação de estudantes surdos.

Palavras-chave: Educação inclusiva, Educação de surdos, Ensino em Ciências.

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios históricos é perceptível a segregação existente entre aqueles que eram ditos como “normais” e aqueles que eram considerados deficientes (OLIVEIRA, F., 2012). A própria palavra “deficiência”, muitas vezes, esteve associada ao conceito de “doença” desde a história da humanidade, onde as pessoas eram discriminadas por possuírem alguma

[1] Mestranda em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, camilaingrid95@gmail.com;
[2] Graduando do curso de Lic. em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/CAV, renatoamorim2009@gmail.com;
[3] Graduanda do curso de Lic. em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/CAV, karlenelene@gmail.com;
[4] Especialista em Libras e Educação Inclusiva da Pessoa Surda, Faculdade de Ciências Humanas de Olinda - FACHO, Técnica em tradução e interpretação de LIBRAS e Língua portuguesa, Professora substituta da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/CAV, Graduanda em Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, alcantara.rafaela14@gmail.com.

"anomalia", e comumente descartadas do convívio social para evitar que as demais pessoas fossem contagiadas por esta doença (CARVALHO, 2017). Situações como essa ainda são frequentes na época atual e geralmente são ignoradas, principalmente no âmbito escolar.

De acordo com Oliveira, F. (2012), sempre houve uma distinção no ensino de estudantes deficientes e estudantes considerados "normais", levando a uma segregação. De acordo com Diniz e Rahme (2004) a escola precisa possuir princípios inclusivos, onde os estudantes possam aprender em conjunto, independentemente de suas diferenças e dificuldades. Promovendo, assim, uma escola inclusiva, que reconhece a diversidade nas necessidades e habilidades de cada indivíduo e seus papéis no processo de ensino aprendizagem (OLIVEIRA; MELO; BENITE, 2012).

Nesse sentido, uma escola baseada na Educação inclusiva potencializa a diversidade, de modo a enriquecer o ambiente escolar diante das diferentes necessidades específicas (BORGES; TAVARES JUNIOR, 2018), e dentre tantas destacamos a surdez, que se diferencia da deficiência auditiva. Segundo o Artigo 5º do Decreto nº 5.296/2004 que regulamenta a Lei 10.098/2000 a deficiência auditiva pode ser definida como "perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz" (BRASIL, 2004, p.1), assim não há impedimento da compreensão da fala, são até capazes de se comunicar oralmente (CARVALHO, 2017). Enquanto, indivíduos com surdez são aqueles que possuem a audição prejudicada, a ponto de impossibilitar a compreensão da fala por meio do ouvido, fazendo-se uso ou não de um aparelho sonoro (CARVALHO, 2017).

É importante ressaltar que, por vezes, há uma diferenciação quanto aos termos surdez e deficiência auditiva. Segundo alguns pesquisadores da área, a primeira está ligada a uma identidade cultural e não somente a questão biológica. Aquele indivíduo que se identifica como Surdo possui uma cultura e língua própria, enquanto o deficiente auditivo por vezes não convive com a comunidade surda e acaba não se identificando como tal. Já no que se refere ao âmbito clínico, há livros que apresentam discordância ou até mesmo inexistência dessa diferença (GÓES, 1999; OHNA, 2004; BISOL; SPERB, 2010).

Pesquisas também já comprovaram que não há distinção neurologicamente entre indivíduos surdos e ouvintes, ambos processam a linguagem no hemisfério esquerdo do cérebro (OLIVEIRA, F., 2012), embora o ouvinte faça uso da linguagem oral, enquanto o surdo faça uso da língua de sinais.

Considerando o contexto escolar, diversos são os trabalhos que apontam desafios e dificuldades encontradas na educação de surdos como Lacerda (2009) que reflete sobre a

ausência de pessoas capacitadas que façam uso da língua de sinais, como os intérpretes, na escola regular. Campos (2011) indica uma formação de professores mais específica para o trabalho com alunos surdos de modo a adaptar diferentes aspectos didáticos e metodológicos. Enquanto Carvalho (2017) aponta o distanciamento nas atividades e avaliações de estudantes surdos, onde são encaminhados a realizar atividades mais "simples", como recortar, pintar ou colar, fazendo com que não haja um aproveitamento de suas habilidades e os distanciem de uma aprendizagem mais significativa.

No âmbito do Ensino em Ciências, Chassot (2003) afirma que a ciência é uma linguagem, com isso, a alfabetização científica significa saber ler o modo em que a natureza está escrita. O objetivo do saber científico não é formar cientistas, como se pensava antigamente (CAMPOS; NIGRO, 2010), mas formar cidadãos críticos e reflexivos, que questionam a realidade em que vivem e pensam estratégias de resolução de problemas e transformação do meio, como apontam os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 1997, 1998).

A partir desses aspectos sobre a educação de surdos, Lang (2006) fala que a utilização de tecnologias em sala de aula é uma alternativa viável, bem como recomenda a utilização de recursos que apontem a participação de cientistas surdos que desempenharam grandes papéis ao longo da história da Ciência. Assim como, Lang, Egelston-Dodd e Sachs (1983) discutem que a formação de professores adequada, ampliação de uso de materiais didáticos, avaliação sistemática dos sinais utilizados atualmente, entre outros aspectos, são recomendações fundamentais para o campo do Ensino em Ciências para surdos.

Embora na literatura haja um grande quantitativo de trabalhos que abordam sobre o Ensino em Ciências, bem como sobre a Educação de surdos, ainda assim, são poucos os que abrangem estas duas áreas de forma conjunta. Visto que, são diversos os desafios em se aliar essas duas áreas, dado o grau de especificidade que são trabalhados no conhecimento científico, faz-se necessário analisar como os trabalhos publicados as tem associado. Nessa perspectiva, o presente artigo tem como objetivo verificar a abordagem sobre a Educação de surdos nos anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC).

A Educação inclusiva e o papel do educador

Historicamente a deficiência esteve presente desde o início da humanidade, onde os primeiros grupos que habitavam a Terra migravam de regiões em regiões, à procura de recursos e alimentos, fazendo uso, principalmente, da caça para a obtenção de tais bens, diante disso,

aqueles que possuíssem alguma deficiência comumente era impossibilitado de realizar tais atividades (CARVALHO, 2017).

Por muito tempo e durante quase toda a Idade Média, pensava-se que indivíduos portadores de alguma deficiência não fossem capazes de ser educados, que eram tolos e em alguns casos castigados pelo divino (OLIVEIRA, W., 2012). Esses acontecimentos podem ser explicados por Mazzotta (2005) quando afirma que é a ausência de conhecimentos sobre as deficiências que proporciona em grande parte o preconceito e marginalização de seus portadores.

Um dos grandes marcos na história da educação inclusiva foi a assinatura da Declaração de Salamanca em 1994 que traz uma nova perspectiva à escola regular para a educação de alunos com necessidades educacionais específicas (UNESCO, 1994). Essa declaração possibilitou que as pessoas que eram "excluídas" pudessem usufruir com equidade das mesmas oportunidades e direitos dos demais cidadãos (MENDES, 2006), inclusive à educação. O direito à educação é previsto no Brasil para todas as pessoas e é indicado no Artigo 205 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 quando afirma que:

> A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (BRASIL, 2016, p. 123).

De acordo com a Lei Federal nº 10.098/2000 deve-se haver incentivos a acessibilidade de pessoas com deficiência na rede regular de ensino (BRASIL, 2000). Já a Lei de Diretrizes e Bases nº 9.394/96 estabelece que a educação especial deve promover o desenvolvimento das particularidades de pessoas com necessidades específicas, estruturando serviços educacionais que complementem a educação regular, garantindo a aprendizagem (BRASIL, 1996).

Uma educação na perspectiva inclusiva deve priorizar a aprendizagem de todos os indivíduos, independentemente de suas diferenças e necessidades, de modo que haja uma reorganização estrutural e da postura dos educadores e demais componentes do sistema educacional (OLIVEIRA, F., 2012). Mediante isso, o papel do professor é de perceber o educando como ser de necessidades e dificuldades, e adaptar estratégias e metodologias que possam desenvolver a aprendizagem do aluno, ao mesmo tempo em que isso proporciona a si mesmo o desenvolvimento profissional (OLIVEIRA, F., 2012; CARVALHO, 2017). As mesmas autoras ainda destacam que muitos professores se sensibilizam da necessidade de desenvolver uma perspectiva inclusiva, com isso, buscam cursos de aprimoramento que envolvam variadas deficiências como cegueira, dislexias, surdez, entre outras.

O educador deve atuar na formação de estudantes com pensamentos críticos que consigam se envolver na sociedade e desenvolver o seu processo de cidadania (CARVALHO, 2017). A mesma autora ainda reflete que quando se considera a grande diversidade de alunos, o respeito às diferenças e o entendimento de que nem sempre são obstáculos para o educador, o ato de educar se torna um fator de enriquecimento inclusivo, ignorando a visão antiga negativa.

Apesar do papel do educador estar associado, geralmente, à figura do professor, sabe-se que a educação inicia no próprio lar do estudante, quando desde crianças são os pais que os orientam sobre quais escolhas e decisões devem tomar ao longo do percurso da vida. Nesse sentido, cabe aos pais dos estudantes com necessidades específicas o acompanhamento diário da vida escolar deles, visto que ao entrar em contato com o ambiente escolar os mesmos irão se deparar com inúmeras dificuldades.

Diante de tais dificuldades é o professor quem irá estar em contato com estes estudantes durante sua formação escolar, incentivando-os a interação social com os demais colegas da turma, criando e adaptando estratégias de ensino que os possibilitem construir o conhecimento. Perante tantas necessidades específicas que são encontradas nos âmbitos de ensino, destacamos a surdez como objeto deste estudo.

Breve histórico da Educação de surdos: desafios e perspectivas atrelados ao Ensino das Ciências

A história da educação de surdos está situada no século XII onde os gregos e romanos acreditavam que os surdos não eram capazes de pensar pelo simples fato de não conseguirem falar, pois nessa época a audição era essencial no processo de escolarização, com isso, muitos eram discriminados e proibidos de serem escolarizados (HONORA, 2014). A mesma autora ainda enfatiza que três séculos mais tarde era a Igreja que exercia um papel discriminatório muito grande para as pessoas com alguma deficiência, principalmente os surdos, que não eram bem aceitos pelos participantes da igreja católica, já que não conseguiam se comunicar claramente e o fato de não terem o costume de se confessar era bastante incômodo. É na Europa que iniciam os primeiros passos na educação dos surdos, influenciando os demais países posteriormente para essa prática (CARVALHO, 2017).

A primeira faculdade para estudantes surdos foi fundada em 1864, a Universidade de Gallaudet, localizada nos Estados Unidos, mantendo como comunicação a língua de sinais (CARVALHO, 2017). Apesar deste grande advento, cerca de 1880, quando acontece o II

Congresso Internacional sobre Inclusão de surdos, a educação dos surdos enfatizava a compreensão do português com embasamento na filosofia do oralismo, e não na aprendizagem de conhecimentos (OLIVEIRA; MELO; BENITE, 2012). Nessa época a língua de sinais era considerada inferior, sendo tratada apenas como gesticulações e mímicas sem gramática (CAPOVILLA, 2000), mas esse quadro muda completamente por volta de 1970, com o surgimento da filosofia da comunicação total e sua difusão, onde considerava válida toda e qualquer forma de comunicação, alavancando a língua de sinais e trazendo-a de volta as salas de aula e ampliando os seus estudos (OLIVEIRA; MELO; BENITE, 2012).

No Brasil, a educação de surdos teria iniciado ainda no império de Dom Pedro II, quando assina a Lei 839 em setembro de 1857, resultando posteriormente na criação de uma escola para surdos denominada Instituto Nacional de Surdos-Mudos (INSM), que fazia uso da língua de sinais e do alfabeto datilológico, e atualmente o instituto está denominado como Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES) (REIS; SILVA 2012).

A Constituição de 1988 do Brasil já preconizava no Artigo 208 o acesso e permanência do indivíduo surdo no ensino regular (BRASIL, 2016). Por volta da década de 1990, mesma época da assinatura da Declaração de Salamanca de 1994, é lançada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei nº 9.394/96 que visou garantir aos surdos a utilização da língua de sinais em todos os ciclos e modalidades da educação básica, tanto no ensino público como privado (BRASIL, 1996). Diante disso, surge o Decreto nº 5.296/2004 que buscou priorizar o atendimento desses indivíduos com o auxílio de intérpretes da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) (BRASIL, 2004).

O Decreto nº 5.626/2005 foi um dos documentos mais relevantes para a educação de surdos e deficientes auditivos, quando trata no Artigo 22 que:

> As instituições federais de ensino responsáveis pela educação básica devem garantir a inclusão de alunos surdos ou com deficiência auditiva, por meio da organização de:
> I-escolas e classes de educação bilíngüe, abertas a alunos surdos e ouvintes, com professores bilíngües, na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental;
> II-escolas bilíngües ou escolas comuns da rede regular de ensino, abertas a alunos surdos e ouvintes, para os anos finais do ensino fundamental, ensino médio ou educação profissional, com docentes das diferentes áreas do conhecimento, cientes da singularidade lingüística dos alunos surdos, bem como com a presença de tradutores e intérpretes de Libras - Língua Portuguesa (BRASIL, 2005, p.1).

Esse mesmo decreto ainda afirma que os estudantes surdos devem ser instruídos na LIBRAS como sendo sua primeira língua, enquanto o Português, oral ou escrito, como sendo sua segunda língua. Por meio da LIBRAS o surdo conhece a língua portuguesa como se fosse

uma língua estrangeira que está aprendendo, assim a língua de sinais pode proporcionar o processamento e a construção de conhecimentos (MOURA, 2011; CARVALHO, 2017). O reconhecimento da LIBRAS foi um dos maiores passos na educação de surdos.

A língua de sinais é discutida desde tempos pretéritos. Stokoe (1960), um dos grandes nomes quando se fala em língua de sinais, acreditava que a primeira forma de comunicação do homem tenha se dado pela língua de sinais e a define como sendo uma língua verdadeira composta de regras linguísticas. Monges nos monastérios da Idade Média já se comunicavam através de gestos básicos, suprindo a inexistência da comunicação oral, já que haviam jurado um voto de silêncio com o intuito de não passar os segredos sagrados (HONORA, 2014).

Com o passar do tempo, surgiram alguns mitos sobre a língua de sinais, onde acreditava-se que se tratava apenas de gestos, mímicas e teatralizações para representar algum conceito, bem como pensava-se que os sinais produzidos com as mãos e expressões faciais seriam apenas uma versão da linguagem falada (HARRISON, 2011). No entanto, sabe-se, atualmente, que possui estrutura, sintaxe e morfologia regradas.

Ao se discutir sobre linguagem, Oliveira, F. (2012) reflete que ela é o que possibilita o indivíduo se tornar humano e que direciona o desenvolvimento da mente, não havendo dependência da fala nem muito menos da audição. Nessa mesma perspectiva, Vygotsky (2003) fala que a linguagem é essencial para a aquisição do conhecimento e desenvolvimento intelectual, contribuindo para o pensamento da autora citada anteriormente. Assim, não importa a maneira como se está sendo desenvolvida a linguagem, seja por meio de sinais ou da oralidade, o intuito é compreender a mensagem a ser transmitida.

Partindo para o campo das ciências, Vásques, Acevedo e Manassero (2003) apontam que os currículos, muitas vezes, estão voltados apenas para a transmissão de conhecimentos científicos, sem compreender o processo de construção do conhecimento. Isso acarreta num grande problema para a aprendizagem do estudante, ainda mais quando se considera um aluno surdo. Nesse contexto, o ensino para alunos surdos fica bastante comprometido, pois cria-se a imagem de um professor autoritário, “dono” do conhecimento e possuidor de verdades absolutas inquestionáveis, em que seus ensinamentos se baseiam apenas na memorização de conceitos (OLVEIRA, W., 2012).

Um dos grandes problemas na educação científica para surdos está associada a formação defasada de muitos professores, que precisam se atualizar na área para o desenvolvimento de práticas inclusivas (LANG, 1993). Outro problema está relacionado à dificuldade de alunos surdos em aprenderem alguns conceitos na área das ciências, pois os alunos ouvintes já são alfabetizados na língua portuguesa, então já possuem domínio da língua na compreensão das

palavras, já os alunos surdos, em teoria, são alfabetizados na LIBRAS e também na língua portuguesa, assim o professor precisa adequar o ritmo de aprendizagem de cada aluno (SANTANA; SOFIATO, 2017).

Queiroz e Benite (2010) falam que o uso da língua portuguesa oral é desafiante no ensino das ciências para surdos, mas que, quando utilizada a modalidade escrita associada a elementos visuais, nota-se um melhor desempenho e aprendizagem na construção do conhecimento científico. Além destes desafios encontrados, um dos mais comuns é justamente a ausência de sinais que contemplem o universo de conceitos encontrado no mundo das ciências, muitos desses não possuem sinais na LIBRAS, por exemplo no ensino da Física, então torna-se extremamente desafiante o trabalho do intérprete no auxílio a aprendizagem do estudante (ALVES; CAMARGO, 2013).

Diante de tantos desafios, alguns autores destacam estratégias que podem ser utilizadas para facilitar a educação de estudantes surdos no ensino das ciências. Lang (1993), destaca que trazer ao conhecimento dos alunos as contribuições de pesquisadores surdos para o campo das ciências ao longo da história é de extrema relevância, pois evidencia aspectos históricos que não são muito divulgados, além de valorizar a identidade e autoestima do próprio aluno, fazendo com que se sinta representado.

Lang, Egelston-Dodd e Sachs (1983) recomendam um melhoramento na qualidade da formação inicial e continuada de professores, ampliação de materiais inclusivos, revisão dos sinais de determinados conceitos e o desenvolvimento das habilidades de escrita e leitura dos estudantes, com o intuito de contribuir para a comunicação.

Carvalho (2017) traz a reflexão da necessidade de modificações nas metodologias utilizadas na educação, sem que estas proponham atividades “facilitadas” para os alunos surdos, mas que possam manter sua essência e contemplar as necessidades do aluno. Diante de tais perspectivas, quando bem trabalhadas, o ensino das ciências pode promover ao educando surdo a capacidade de compreender os conhecimentos construídos e utilizar suas habilidades de modo a contribuir para o meio em que vive (BRASIL, 1998).

O Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC)

O CONAPESC tem sua primeira edição lançada em 2016, na cidade de Campina Grande – PB. O evento se propõe a ampliar as discussões sobre ensino, tecnologia e sustentabilidade no ensino das ciências na sociedade atual, com o intuito de divulgar o conhecimento científico para cada cidadão, para que possam se atualizar sobre o desenvolvimento e avanços no campo

das ciências. Atrelando o ensino, a extensão e a pesquisa, o evento reconhece o papel de promover vivências e ampliar a divulgação científica (CONAPESC, 2016).

O CONAPESC é aberto aos mais diversos públicos, desde estudantes de Ensino Técnico a Profissionais e Professores. A primeira edição do evento apresenta como objetivos principais a reunião dos mais diferentes segmentos do ensino, com atuações em diferentes áreas, a fim de promover uma troca de conhecimentos e a promoção de ciência e tecnologia ligados à formação docente (CONAPESC, 2016).

A segunda edição do CONAPESC se dá em 2017, com a temática "Formação para o Ensino e a Pesquisa em Ciências: saberes multidisciplinares", ocorrendo também na cidade de Campina Grande – PB. Essa edição traz a perspectiva da multidisciplinaridade ressaltando a relação entre ensino e pesquisa, buscando entender como formar profissionais que atuem nessas áreas diante das atuais políticas públicas. Além disso, também busca debater o histórico das políticas públicas e como estas podem influenciar a pesquisa em Ciências e outros aspectos no desenvolvimento de pesquisas, bem como discutir a formação de professores na graduação e pós. O público-alvo da segunda edição, além dos estudantes, é ampliado para os professores da Educação Básica e do Ensino Superior (CONAPESC, 2017).

A terceira edição do CONAPESC é lançada em 2018, sendo a mais recente, com a temática "Ciência em tempos de crise – Debates sobre as produções e práticas científicas na contemporaneidade", e também ocorre em Campina Grande – PB. Nessa edição são discutidas temáticas sobre os cortes orçamentários ocorridos nos últimos anos nas agências de fomento do Brasil, que impossibilitaram o desenvolvimento de importantes estudos no campo das ciências. Além disso, são debatidos sobre o mercado de trabalho nacional e exterior, bem como o financiamento para pesquisas e formação de pesquisadores no Brasil. Como público-alvo, a edição foca nos profissionais, pesquisadores, professores e estudantes das mais diversas áreas (CONAPESC, 2018).

Diante das várias contribuições que o evento proporciona a estudantes e pesquisadores ao longo dos anos, através dos trabalhos publicados nos anais e discussões desenvolvidas no decorrer das atividades propostas pelo CONAPESC, buscamos compreender melhor como se dá a abordagem da educação de surdos em tais publicações.

METODOLOGIA

O artigo possui uma abordagem quali/quantitativa, centrando na qualidade dos aspectos apontados no conteúdo e o levantamento de dados estatísticos (BAUER; GASKELL, 2017).

Assim, a pesquisa é do tipo descritiva, pois são descritos os fatos que compreendem o objeto de pesquisa (SEVERINO, 2007). A coleta dos dados se deu através dos trabalhos publicados nos anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC), sendo disponibilizados no próprio site do evento.

Foram analisadas durante a pesquisa todas as três edições do CONAPESC. O critério de escolha do evento se deu pelas contribuições para o campo das ciências e a repercussão nacional, havendo a publicação de trabalhos desde estudantes graduandos a profissionais e pesquisadores.

A análise dos trabalhos publicados nos anais foi realizada em três momentos. Primeiramente, foram verificados os trabalhos que abordavam sobre a Educação de surdos, seja ela como objeto de estudo ou presente na abordagem metodológica, para isso foram pesquisados nos títulos dos trabalhos os termos “surdo”, “inclusão”, “educação inclusiva” e “libras”. Assim, aqueles que possuíssem tais termos e se adequassem à proposta do presente trabalho foram selecionados. Posteriormente, os trabalhos selecionados foram separados por edição do evento, autoria, título e metodologia, adaptando a proposta de Neves (2015). Em seguida, se deu a análise dos trabalhos nas perspectivas de Bardin (2011), através da leitura flutuante e uma breve discussão sobre o conteúdo dos trabalhos.

Como em alguns trabalhos os autores não deixam evidentes seu objeto de estudo no título ou resumo, foi necessária a realização de uma leitura integral de cada trabalho publicado contendo os termos selecionados, a fim de evitar que algum trabalho fosse ignorado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro do período investigado foram publicados 2.302 trabalhos nos anais das três edições do CONAPESC, onde estão distribuídos 638 trabalhos na primeira edição (2016), 988 na segunda edição (2017) e 676 na terceira edição (2018), a mais recente. Após a busca realizada nos títulos dos trabalhos através dos termos mencionados na Metodologia, foram selecionados 3 trabalhos no I CONAPESC, 1 trabalho no II CONAPESC e 1 trabalho no III CONAPESC, totalizando apenas 5 trabalhos ao longo das três edições que se adequaram a proposta do artigo, abordando sobre a educação de surdos.

Os trabalhos selecionados foram organizados adaptando a proposta de Neves (2015) como apresentamos no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Estruturação dos trabalhos selecionados.

Edição	Autor	Título	Metodologia
I CONAPESC	Avelino, Oliveira e Oliveira (2016)	A LIBRAS como ferramenta no processo de aprendizagem de alunos surdos no Ensino de Ciências	Questionários e Entrevistas
I CONAPESC	Nunes et al. (2016)	Educação inclusiva no Ensino de Ciências: intervenções do PIBID Biologia em Escolas públicas do município de Floriano – PI	Questionários
I CONAPESC	Lima e Alves (2016)	Produção de recurso visual no Ensino de Química para surdos – A Lei da Conservação das massas	Recurso didático
II CONAPESC	Santos e Santos (2017)	Educação matemática inclusiva para alunos surdos e sua relação com as tecnologias assistivas: uma análise das comunicações científicas do ENEM no período de 1987 a 2016	Levantamento bibliográfico
III CONAPESC	Silva et al. (2018)	Alerta de padrão vocativo para surdo	Produção de recurso tecnológico

Fonte: os autores.

Diante de tais trabalhos com diferentes abordagens sobre a educação de surdos, discutimos sobre as principais ideias que são encontradas em cada proposta em ordem cronológica de edições do evento.

O primeiro trabalho é intitulado como "A LIBRAS como ferramenta no processo de aprendizagem de alunos surdos no Ensino de Ciências". Trata-se de um estudo de caso realizado em uma escola de ensino regular e especializado, com enfoque nos estudantes com deficiência auditiva e surdez. Os estudantes envolvidos na pesquisa foram das séries finais do Ensino Fundamental, bem como a professora de Ciências que é especialista em educação especial com formação em LIBRAS. O trabalho discute, através das análises dos questionários e entrevistas, sobre a importância da LIBRAS nas aulas de Ciências para os alunos surdos como fator mediador da aprendizagem, destacando a formação para professores como sendo ainda muito escassa, problema evidenciado também por Lang (1993), práticas pedagógicas insatisfatórias, a importância da estruturação de metodologias que valorizem as diferenças (OLIVEIRA; MELO; BENITE, 2012) e o papel positivo das conquistas de políticas públicas.

Já o segundo trabalho tem como título "Educação inclusiva no Ensino de Ciências: intervenções do PIBID Biologia em Escolas públicas do município de Floriano – PI". Neste, são aplicados questionários em escolas atendidas pelo PIBID de Biologia a fim de detectar possíveis necessidades especiais entre os alunos da rede pública. Além disso, avaliar as prioridades necessárias para uma posterior produção de recursos que possam auxiliar na aprendizagem. Nas escolas analisadas verificou-se a presença de sete estudantes com

necessidades de atendimento especializado, e dentre as diferentes necessidades educacionais a deficiência auditiva, com apenas uma escola que possuía o intérprete de LIBRAS, fato que não deve ocorrer de acordo com o Artigo 22 do Decreto nº 5.626/2005, que assegura a presença de profissional na área em salas de aula (BRASIL, 2005). No trabalho são apontados também a falta de preparo na formação inicial de professores, como no trabalho analisado anteriormente, irregularidades na escola e a necessidade de elaboração de estratégias e métodos adequados para a educação de alunos com necessidades específicas (OLIVEIRA, F., 2012; CARVALHO, 2017).

Encerrando a primeira edição do CONAPESC, o terceiro trabalho é intitulado como "Produção de recurso visual no Ensino de Química para surdos – A Lei da Conservação das massas". O trabalho recorreu a produção de um recurso visual com o auxílio de programas como *PowerPoint* e *Movie Maker*, na construção do conhecimento sobre a Lei da conservação das massas, proposta por Lavoisier, para a aprendizagem de estudantes surdos. Queiroz e Benite (2010) apontam que a utilização de recursos visuais são excelentes alternativas na educação de surdos. Assim, são discutidos sobre a produção de materiais que sejam inclusivos para surdos, dificuldades no ensino de química, visto que a linguagem por vezes é mal compreendida e associada também ao problema da ausência de sinais em áreas específicas das ciências (ALVES; CAMARGO, 2013).

Partindo para a segunda edição do CONAPESC, o quarto trabalho analisado tem como título "Educação matemática inclusiva para alunos surdos e sua relação com as tecnologias assistivas: uma análise das comunicações científicas do ENEM no período de 1987 a 2016". Aqui foi realizado um levantamento bibliográfico nas comunicações científicas publicadas nos anais do Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), buscando verificar a aprendizagem da Matemática para estudantes surdos. Verificou-se que entre os anos de 1987 a 2001 não houve nenhuma produção que envolvesse a surdez nessa perspectiva de ensino. Havendo somente a publicação do primeiro trabalho envolvendo a temática em 2004, que com o passar dos anos foi aumentando. Dessa maneira, discute-se que os trabalhos envolviam questões relacionadas a Língua de sinais, ao papel do intérprete, diferentes estratégias pedagógicas, experiências visuais, entre outras abordagens. Ainda se ressaltaram as pesquisas que incluíam a formação de professores na perspectiva inclusiva e a adaptação de metodologias.

O quinto e último trabalho analisado é encontrado na terceira edição do evento, com o título "Alerta de padrão vocativo para surdo". Este, traz uma abordagem diferente dos outros mencionados anteriormente, onde foi desenvolvido uma pulseira com um dispositivo capaz de vibrar quando determinados sons são emitidos, tornando uma alternativa viável como aponta

Lang (2006). Assim, foram inseridos diferentes padrões sonoros como o próprio nome oralizado do usuário surdo e outras expressões comuns do dia a dia. O dispositivo construído é específico para pessoas com deficiência auditiva permanente ou temporária. A construção desse recurso é algo totalmente inovador, possibilitando que surdos possam perceber sons do dia a dia como uma buzina de um carro ou moto, quando seu nome é chamado e até alertas de risco. Estratégias como esta possibilitam uma melhor inclusão dos surdos na sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das diferentes abordagens encontradas ao longo das análises, é perceptível a variedade de possibilidades que podem ser trabalhadas e desenvolvidas na perspectiva de uma educação inclusiva, e principalmente na educação de surdos. Essa variedade só demonstra que há alternativas a serem utilizadas na educação, mas que é necessário um maior engajamento por parte dos profissionais brasileiros e a busca de atualizações nas metodologias de ensino. Fazendo-se uso de novas metodologias e adaptações, é possível possibilitar a formação do estudante surdo uma melhor participação, tornando-o como agente ativo no processo de construção do conhecimento e ensino aprendizagem.

A escassez de trabalhos voltados para a perspectiva da educação de surdos atreladas ao ensino das ciências, só confirma o que autores citados no presente estudo já apontaram em suas pesquisas em épocas anteriores. A carência de trabalhos publicados nas edições do CONAPESC relacionados a temática, nos permite inferir que tal temática não foi tão explorada com o passar dos anos. Um dos fatores pode ter sido que os trabalhos publicados neste evento se voltaram para outros temas que poderiam estar mais presentes no momento, como a formação de professores e discussões sobre a produção científica em tempos de crise, que já foram temáticas abordadas nas edições anteriores do evento.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. S.; CAMARGO, E. P. O atendimento educacional especializado e o ensino de física para pessoas surdas: uma abordagem qualitativa. **Abakós**, v. 2, p. 61-74, 2013.

BARDIN, L. **Análise do conteúdo**. Ed. Revista e Atualizada. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som:** um manual prático. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017.

BISOL, C.; SPERB, T. M. Discursos sobre a Surdez: Deficiência, Diferença, Singularidade e Construção de Sentido. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Brasília, v. 26, n. 1, p. 7-13, 2010.

BORGES, R. B.; TAVARES JÚNIOR, M. J. O intérprete de LIBRAS no ensino de Ciências e Biologia para alunos surdos. **Ensino de Biologia da SBEnBio**. v. 11, n. 2, p. 61-76, 2018.

BRASIL. Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, 23 dez. 1996.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares nacionais de Ciências Naturais: 1ª a 4ª Séries do Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998.

_____. Lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, 20 dez. 2000.

_____. Decreto no 5.296, de 02 de dezembro de 2004. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 03 dez. 2004.

_____. Decreto no 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a lei no 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a língua brasileira de sinais – Libras, e o art. 18 da lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 23 dez. 2005. p. 28.

_____. Constituição (1988). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, 05 out. 1988. 2016.

CAMPOS, M. L. I. L. Educação Inclusiva para surdos e as políticas vigentes. **Coleção UAB–UFSCar**, p. 27-50, 2011.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G**. Teoria e prática em Ciências na escola**: o ensinoaprendizagem como investigação. Volume único. São Paulo: FTD, 2010.

CAPOVILLA, F. C. Filosofias educacionais em relação ao surdo: do oralismo à comunicação total ao bilinguismo. **Revista Brasileira de Educação Especial**. v. 6, n.1, p. 99-116, 2000.

CARVALHO, A. S. **Educação inclusiva: Práticas docentes frente à deficiência auditiva**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Pedagogia) - Faculdade Anhaguera, Guarulhos, 2017.

CHASSOT, A. (2003). **Alfabetização cientifica questões e desafios para a educação**. 3 ed. Rio Grande do Sul: Unijui.

CONAPESC. I Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2016. Sobre o evento. Disponível em: <https://www.conapesc.com.br/2016/sobre.php>. Acesso em: 14 de jun. 2019.

_____. II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2017. Sobre o evento. Disponível em: <http://www.conapesc.com.br/2017/sobre.php>. Acesso em: 14 de jun. 2019.

_____. III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2018. Sobre o evento. Disponível em: <http://www.conapesc.com.br/2018/sobre-evento.php>. Acesso em: 14 de jun. 2019.

DINIZ, M.; RAHME, M. (2004). Da educação especial à educação inclusiva. *In*: Diniz, M. Vasconcelos, R. N. et.al. **Pluralidade cultural e inclusiva na formação de professoras e professores: gênero, sexualidade, raça, educação especial, educação indígena, educação de jovens e adultos**. 123-189. Belo Horizonte: Formato Editorial.

GÓES, M. C. R. **Linguagem, surdez e educação**. 2. ed. Campinas: Autores Associados. 1999.

HARRISON, K. M. P. Língua brasileira de sinais (Libras): apresentando a língua e suas características. **Coleção UAB− UFSCar**, p. 51-62, 2011.

HONORA, M. **Inclusão educacional de alunos com surdez**: concepção e alfabetização: ensino fundamental, 1 ciclo/ Marcia Honora. – São Paulo: Cortez, 2014.

LACERDA, C. B. F. **Intérprete de Libras**: em atuação na educação infantil e no ensino fundamental. Porto Alegre: Mediação/FAPESP, p. 17-19, 2009.

LANG, H.G.; EGELSTON-DODD, J.; SACHS, M.C. Science Education for Hearing-Impaired Students in the Eighties: Priorities and Projections. **American Annals of the Deaf**, v. 128, n. 6, p. 801-808, 1983.

LANG, H. **Science for Deaf Students**: Looking Into the Next Millennium. *In*: STEFANICH, G. P.; EGELSTON-DODDY, J. (Ed.). A Futures Agenda: Proceedings of a Working Conference on Science for Persons with Disabilities. Kansas City, Missouri, 1993.

LANG, H. G. **Teaching Science**. in: MOORES, D.F.; MARTIN, D.S. Deaf Learners: Developments. *In*: Curriculum and Instruction. Gallaudet University Press Washington, D.C, 2006.

MAZZOTTA, M. J. S. **Educação Especial no Brasil:** História e políticas públicas. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MENDES, E.G. A radicalização do debate sobre inclusão escolar no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**. v. 11, n. 33, set./dez, 2006.

MOURA, M. C. Surdez e linguagem. **Coleção UAB− UFSCar**, p. 11-25, 2011.

NEVES, R. F. **ABORDAGEM DO CONCEITO DE CÉLULA: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)**. 2015. 264 f. Tese

(Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

OHNA, S. E. Deaf in my own way: Identity, learning and narratives. Deafness and **Educational International**, v. 6, n. 1, p. 20-38, 2004.

OLIVEIRA, F. B. Desafios na inclusão dos surdos e o intérprete de Libras. **Diálogos & Saberes**, v. 8, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, W. D. **Estudo sobre a relação entre intérprete de Libras e o professor:** implicações para o ensino de ciências. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências e Matemática. Goiânia: UFG, 2012.

OLIVEIRA, W. D.; MELO, A. C. C.; BENITE, A. M. C. Ensino de ciências para deficientes auditivos: um estudo sobre a produção de narrativas em classes regulares inclusivas. **Revista Electrónica de Investigación en Educación em Ciências (En línea)**, v. 7, p. 1-9, 2012.

QUEIROZ, T. G. B.; BENITE, A. M. C. Ensino de ciências e surdez: esse "outro" na sala de aula. **Revista da SBEnBio**, n. 03, p.698 – 709, 2010.

REIS, E. S.; SILVA, L. P. O ensino das ciências naturais para alunos surdos: concepções e dificuldades dos professores da escola Aloysio Chaves–Concórdia/PA. **Revista do EDICC-ISSN 2317-3815**, v. 1, n. 1, 2012.

SANTANA, R. S.; SOFIATO, C. G. Ensino de Ciências para estudantes surdos: possibilidades e desafios. **Revista Internacional de Formação de Professores**, v. 2, n. 4, p. 37-54, 2017.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. Revista e Atualizada. São Paulo: Cortez, 2007.

STOKOE, W. Sign Language Structure: An outline of the visual communication systems of the american deaf. **Studies in Linguistics**, n 8. University of Buffalo. 1960.

UNESCO. **Declaração de Salamanca e linha de ação sobre Necessidades Educativas especiais.** CORDE, 1994.

VÁSQUEZ, A.; ACEVEDO, J. A.; MANASSERO, M. A. Consensos sobre la natureza de la ciência: evidencias e implicaciones para su enseñaza. **Revista Iberoamericana de Educación**, 2003.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

ADSORÇÃO DE CIANOTOXINAS EM CARVÃO ATIVADO: CINÉTICA, ISOTERMAS E PARÂMETROS TERMODINÂMICOS

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque [1]
Rafaela Barbosa Santos [2]
Juanne Nogueira Nascimento [3]
Wilton Silva Lopes [4]

RESUMO

O presente trabalho faz uma revisão de estudos utilizando o carvão ativado granular e em pó, na remoção de cianotoxinas presentes em águas destinadas a abastecimento público, considerando a importância dos processos cinéticos, isotérmicos e termodinâmicos. Dos processos comumente inseridos na tecnologia de tratamento de água, com alta eficiência na destruição cianotoxinas, a adsorção em carvão ativado em pó (CAP) ou granular (CAG) têm apresentado resultados significativos. A isoterma de adsorção é realizada com o objetivo de conhecer a natureza físico-química do processo, bem como a capacidade máxima de adsorção da cianotoxinas sobre o carvão ativado por meio do ajuste dos dados obtidos experimentalmente a modelos pré-estabelecidos. Estudos relatam a possiblidade de sua aplicação em escala real nas ETAs do Estado paraibano, por serem métodos economicamente viáveis e atuam como alternativas sustentáveis no tratamento de água.

Palavras-chave: Remoção, Cianobactérias, Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

Os impactos gerados sobre os recursos hídricos resultante das atividades antropogênicas constituem uma das grandes preocupações ecológicas dos últimos anos. A má gestão do uso do solo, aliada ao crescimento da população e a expansão industrial observada nas últimas décadas tem resultado no decréscimo da qualidade da água de rios, lagos e reservatórios. Os reflexos dessas modificações têm sido constatados por meio do excesso de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, especificamente o nitrogênio e o fósforo, que se apresentam como os principais responsáveis pelo processo de eutrofização dos corpos de água e tem como principal efeito, a proliferação excessiva de produtores primários tais como cianobactérias, microalgas e plantas aquáticas (DUPASA et al., 2015).

[1] Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, virginia.albuquerque@yahoo.com.br;
[2] Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, rafaelab.esa@gmail.com;
[3] Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, juanne.nogueira@gmail.com;
[4] Prof. Doutor do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, wiltonuepb@gmail.com;

A maior expressão deste fenômeno se observa quando corpos aquáticos ficam cobertos por uma densa camada verde comumente denominada “floração” ou “bloom”. Nas florações, as cianobactérias atingem concentrações superiores à 10^5 - 10^7 celulas.ml^{-1}, que junto com as microalgas e diversas bactérias afetam a qualidade da água do manancial e as etapas do tratamento de potabilização (WU e XANG, 2012). A maior preocupação no que diz respeito às cianobactérias em corpos d’água não são as florações em si, mas sim a capacidade que algumas espécies têm de produzir metabólitos secundários tóxicos – as cianotoxinas.

Os primeiros registros de florações de cianobactérias na Paraíba foram reportados no parque Solón de Lucena, uma lagoa artificial, localizada na área urbana de João Pessoa, a capital paraibana. Em mananciais destinados ao abastecimento público, os primeiros registros de cianobactérias ocorreram no reservatório Argemiro Figueiredo (Acauã), no Médio Rio Paraíba, que apresentou florações de *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii* (MENDES & BARBOSA, 2004). O conhecimento desse problema tem conduzido à necessidade de otimização das técnicas de tratamento que favoreçam uma elevada remoção de cianotoxinas. A adsorção em carvão ativado tem sido usada como uma etapa complementar ao tratamento de água convencional, com o intuito de remover substâncias causadoras de cor, odor e gosto, como 2-metil-isoborneol (2-MIB), geosmina, agrotóxicos e cianotoxinas, como também pode ser usado no tratamento de efluentes industriais (DI BERNARDO e DANTAS, 2005; DRIKAS et al., 2009).

O processo de ativação do carvão pode ser químico ou físico com o objetivo de formar os poros e aumentar a superfície de contato do carvão, podendo ou não fornecer uma superfície redutora ou oxidante. Isso confere alto poder de adsorção de compostos orgânicos e é utilizado para remoção de impurezas presentes tanto na fase líquida quanto gasosa.

Visando o cumprimento da portaria de potabilidade vigente, quanto à concentração de cianotoxinas extracelulares, o presente trabalho faz uma revisão de estudos utilizando o carvão ativado granular e em pó, na remoção de cianotoxinas presentes em águas destinadas a abastecimento público, considerando a importância dos processos cinéticos, isotérmicos e termodinâmicos.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Adsorção em Carvão Ativado (CA)

O primeiro registro do uso de Carvão Ativado para fins de tratabilidade da água foi por volta de 1910 na Inglaterra, com a instalação de um filtro de Carvão Ativado a base de lignita visando remoção de subprodutos do cloro na água. Por volta do ano de 1960, países como Alemanha, Holanda, Dinamarca, Inglaterra e Estados Unidos utilizaram a filtração em Carvão Ativado em suas instalações de tratamento de água (MASSCHELEIN, 1992).

Produzido a partir de diferentes matérias-primas, utilizando-se madeira, osso, casca de coco, antracito e carvão betuminoso e subbetuminoso. Durante a preparação do Carvão Ativado, podem-se considerar duas etapas principais, sendo a primeira denominada de carbonização e realiza-se abaixo de 800 °C. Nesta etapa muitos elementos como nitrogênio, oxigênio e hidrogênio são eliminados e saem como compostos denominados "voláteis" pela decomposição por pirólise do material. Os elementos que permanecem são arranjados em pilhas planas, em lâminas aromáticas agrupadas aleatoriamente, deixando entre si interstícios que formam os poros. Na etapa de ativação, geralmente se utilizam temperaturas de 800 a 900 °C em atmosfera de ar, CO_2 ou vapor, ocorre a oxidação de algumas áreas em relação a outras e a estrutura porosa aleatoriamente desenvolvida na carbonização é ampliada. Isto acaba gerando poros de variados tamanhos e formas, aumentando a área superficial (BANSAL e GOYAL, 2005).

O Carvão Ativado é caracterizado por possuir área superficial interna e porosidade altamente desenvolvida, permitindo a adsorção de moléculas em fase líquida e gasosa, tendo como importância principal, para o processo de adsorção, o desenvolvimento de micro e mesoporos (KAWAHIGASHI, 2012). Podendo ser preparado e utilizado de duas formas: em pó ou granular. O carvão ativado em pó (CAP) possui tamanho de partículas de no máximo 100µm, sendo que a maioria desse tipo de carvão no mercado passa por peneira de 44µm de abertura. BANSAL E GOYAL (2005), consideram carvão ativado pulverizado com granulometria aproximada de 44µm, confirmando o produzido pelas empresas. Este tipo de carvão é bastante disseminado nas estações de tratamento de água por ter baixo valor de mercado se comparado ao granular e por ser versátil na aplicação.

Todavia, para utilização de carvão ativado granular (CAG) nas ETAs, são utilizadas colunas de carvão ativado granular instaladas, preferencialmente, após a etapa de filtração. Esse tratamento tem a desvantagem de necessitar de um leito fixo, contribuindo para uma menor flexibilidade de operação, apesar de possuir a versatilidade de operação (podendo desvinculá-la do tratamento de acordo com a necessidade de uso). Porém, a propriedade de reativação do CAG e não formação de lodo são vantagens que ampliam seu potencial uso em escala real.

Apesar de possuir maior custo por peso (R$10,90/kg em 2013), o custo benefício da aplicação do CAG pode ser mais favorável pelo tempo de duração do carvão. Ademais, o carvão ativado granular como meio suporte dos filtros pode servir como superfície de fixação para aderência de bactérias que irão degradar parte da matéria orgânica e remover compostos inorgânicos que permanecerem na água (MALHAUTIER et al., 1997).

De modo geral, o CAG é mais efetivo que o CAP, contudo esse é mais versátil e o custo por unidade de massa é menor, sendo, portanto, mais utilizado nas estações. Consequentemente, encontram-se muitos trabalhos desenvolvidos com carvão ativado em pó e em escalas cada vez menores aumentando a interferência na aplicação em escala real (LIMA, 2013).

A eficiência do carvão ativado na remoção depende de características do adsorvente e do adsorvato, além da presença de substâncias potencialmente removidas em concomitância, como matéria orgânica ou outros poluentes. Por isso, quanto mais clarificada estiver a água que se deseja remover determinado poluente dissolvido, melhores resultados poderão ser atingidos. Outros fatores que interferem no potencial de remoção pelo carvão ativado são a concentração dos compostos dissolvidos, condição de pH, temperatura e força iônica do meio. Dentre os fatores que afetam a adsorção, levando-se em consideração o adsorvato, incluem concentração, massa molecular, tamanho molecular, estrutura molecular, polaridade molecular, forma ou configuração espacial, natureza e competitividade dos adsorvatos. Para o adsorvente o fator mais importante e determinante da capacidade no equilíbrio e da velocidade de se chegar a esta capacidade, inclui área superficial, natureza físico-química da superfície, disponibilidade da superfície para as moléculas ou íons do adsorvato, tamanho e forma das partículas do adsorvente. Os parâmetros do sistema, como temperatura, pH, também afetam a adsorção uma vez que eles afetam a carga de um ou mais parâmetros mencionados (SLEJKO, 1985).

Isotermas de Adsorção

A adsorção é uma operação unitária que envolve a transferência e acúmulo de um ou mais componentes de uma fase para a superfície de um sólido (MCCABE et al., 1993). O material responsável por adsorver é chamado de adsorvente, enquanto que o componente adsorvido é chamado de adsorvato.

A força motriz responsável pela transferência de fase é o gradiente de concentração do adsorvato no fluido e na superfície do adsorvente. Na adsorção em colunas de carvão ativado granular, o fluido passa pelo sólido adsorvente de forma contínua até que não ocorra mais transferência de massa (BORBA, 2006).

Dessa forma, nota-se que quanto maior a área superficial do adsorvente, maior será a eficiência de remoção, se não houver limitações de ordem cinética. Além desse, outros fatores influenciam a adsorção do material, como a temperatura, pH do meio, solubilidade do soluto, natureza e concentração do adsorvente, entre outros (FOUST et al., 1982).

As principais características do adsorvato que influenciam o processo de adsorção são massa molar (tamanho), solubilidade, pKa e natureza do grupo substituinte, no caso de ser um composto aromático. A capacidade adsortiva depende do tamanho da molécula a ser adsorvida, porque isso define seu acesso aos poros do carvão e a solubilidade determina as interações hidrofóbicas. O pH da solução determina a carga superficial do carvão e a dissociação ou protonação do adsorvato, controlando, assim, as interações eletrostáticas entre adsorvente-adsorvato e adsorvato-adsorvato. Quando a adsorção de compostos orgânicos envolve interações não eletrostáticas, como forças de van der Waals e ligações de hidrogênio, a área do adsorvente ocupada pelo adsorvato depende da porosidade do adsorvente e do tamanho da molécula do adsorvato. Com relação ao efeito da temperatura é esperado que a quantidade do componente de interesse adsorvido diminua com o aumento da temperatura, uma vez que a adsorção tende a ser um processo exotérmico.

De acordo com Moreno-Castilla (2004) a adsorção é um processo espontâneo que irá ocorrer sempre que a energia livre de adsorção (ΔG) for negativa. A variação global da energia livre pode ser computada a partir dos valores de energia das interações de natureza eletrostática e não eletrostática (Equação 1)

$$\Delta G_{ads} = \Delta G_{não\text{-}eletrostática} + \Delta G_{eletrostática} \qquad \text{Equação 1}$$

A energia livre ‘eletrostática’ é restrita apenas à interações Coulombicas enquanto as demais são denominadas de ‘não eletrostática’. Interações eletrostáticas ocorrem quando o adsorvato é um eletrólito que é passível de sofrer desprotonação ou protonação em solução aquosa nas condições experimentais. Tal interação pode ser tanto atrativa quanto repulsiva.

Existem duas forças competitivas ocorrendo simultaneamente no fenômeno de adsorção. A repulsão entre as nuvens eletrônicas da superfície do sólido e da molécula e as ditas interações de van der Waals. As forças de van der Waals possuem um raio de influência no meio muito inferior à força de repulsão e como resultado existe um potencial de energia considerado ‘‘ótimo’’ a uma pequena distância da superfície do adsorvente.

Logo, moléculas que conseguem atingir essa energia potencial otimizada são adsorvidas (INGLEZAKIS e POULOPOULOS, 2006).

O tempo de residência da molécula de adsorvato na superfície do adsorvente é uma função direta da energia com que a molécula é adsorvida, sendo uma relação entre a força da superfície e das moléculas a serem adsorvidas e dessas com as moléculas da vizinhança. A natureza do processo de adsorção é normalmente classificada em física, também conhecida como fisiosorção; e química, ou quimiosorção. Esses dois principais tipos podem ocorrer simultaneamente. A adsorção física ocorre devido às forças de van der Waals e às interações eletrostáticas. As forças de van der Waals sempre estão presentes, enquanto que as interações eletrostáticas são significativas somente no caso de adsorventes que possuem uma estrutura iônica. Neste processo não há a formação ou o rompimento de nenhuma ligação, logo a estrutura química do adsorvato não sofre nenhuma alteração. Devido à magnitude das forças que predominam na fisiosorção, esse é um processo reversível (HOMEM, 2001).

Já na adsorção química ocorre interações químicas entre a superfície do sólido adsorvente e a substância adsorvida, ou seja, há troca ou compartilhamento de elétrons do adsorvato com grupos químicos presentes na superfície do adsorvente. As forças das interações podem variar de acordo com a composição química dos componentes envolvidos, porém estas são sempre consideravelmente maiores do que àquelas que ocorrem na adsorção física. A quimiosorção é um processo que ocorre somente em monocamada e é irreversível (BORBA, 2006), uma vez que o adsorvato sofre uma mudança química (CIOLA, 1981).

Um material adsorvente deve ter como característica a capacidade de acumular substâncias em sua superfície. Tal capacidade de adsorção pode ser avaliada por meio da quantidade de material adsorvido por massa de adsorvente (*qe*) em função da concentração de adsorvato em equilíbrio na solução (*Ce*). Essa expressão é denominada isoterma de adsorção que demonstra a relação de equilíbrio entre a concentração na fase fluida e a concentração nas partículas adsorventes, a uma dada temperatura (LETTERMAN, 1999). O valor de *qe*, supracitado, é calculado de acordo com a Equação 2.

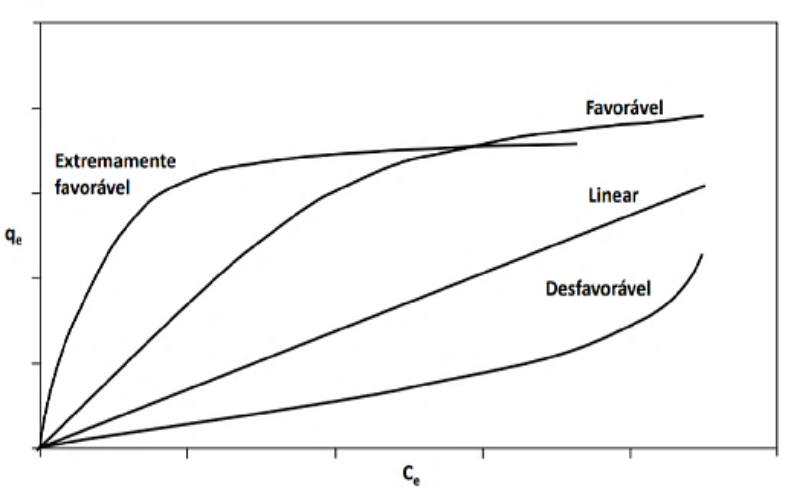
$$qe = \frac{Co - C}{m} x \qquad \text{Equação 2}$$

Sendo *Co* a concentração inicial do adsorvato ($mg.L^{-1}$), *Ce* a concentração final do adsorvato ou concentração no equilíbrio ($mg.L^{-1}$), *V* o volume da batelada (L) e *m* a massa do material adsorvente (g).

As isotermas de adsorção são desenvolvidas para avaliar a capacidade adsortiva do adsorvente para a molécula de interesse. Dessa forma tal isoterma possibilita examinar como ocorre a interação adsorvente-adsorvato a um dado valor de temperatura e pH. O formato da curva de isoterma possibilita obter informações sobre o processo, como ilustrado na Fig.1. A isoterma linear passa pela origem e implica em uma proporcionalidade entre a quantidade de adsorvato adsorvida e a sua concentração no fluido.

Quando a isoterma é côncava para baixo, é dita favorável, pois mesmo em baixas concentrações de adsorvato em solução, há grande quantidade adsorvida. A isoterma irreversível é quando a quantidade adsorvida é máxima e independe da concentração do adsorvato no equilíbrio. A isoterma desfavorável mostra que só há aumento significativo da capacidade adsorvida para situações em que a concentração de adsorvato em solução é elevada (DO, 1998).

Figura 1. Isotermas de adsorção.



Fonte: Do, 1998.

Isoterma de Langmuir

O modelo de Langmuir assume uma energia de adsorção uniforme na superfície, sem interação entre as moléculas adsorvidas, além de ser constante em todos os sítios e ocorrer em monocamada (HAMDAOUI et al., 2007; DO, 1998).

As Equações 3 e 4 apresentam a equação do modelo de Langmuir e sua forma linearizada, respectivamente, sendo *qe* a quantidade adsorvida na fase sólida (mg.g^{-1}), *Ce* a concentração de equilíbrio de adsorvato na fase líquida (mg.L^{-1}), *qm* a quantidade máxima de adsorvato que o adsorvente pode adsorver (mg.g^{-1}) e '*b*' a constante relativa à energia livre de adsorção (HAMDAOUI et al., 2007). A constante '*b*' está relacionada à constante de equilíbrio de Langmuir, *KL*, dada pela Equação 5.

$$q_e = \frac{q_m b C_{eq}}{1+bC_{eq}} \qquad \text{Equação 3}$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{bq_m} x \frac{1}{C_{eq}} + \frac{1}{q_m} \qquad \text{Equação 4}$$

$$K_L = q_m b \qquad \text{Equação 5}$$

Para avaliar a natureza favorável da adsorção calcula-se o fator de separação adimensional, *RL* (Equação 6). A isoterma é desfavorável quando *RL*>1, linear quando *RL*=1, favorável quando 0<*RL*<1, e irreversível quando *RL*=0 (MALKOC et al., 2007).

$$R_L = \frac{1}{1+ K_L\ C_0} \qquad \text{Equação 6}$$

Isoterma de Freundlich

O modelo de Freundlich é uma descrição empírica da relação entre a adsorção de um adsorvato e sua concentração de equilíbrio na fase líquida. Considera-se a existência de uma estrutura em multicamadas que não prevê a saturação da superfície (INGLEZAKIS E POULOPOULOS, 2006) O modelo considera o sólido heterogêneo e sua expressão é uma equação exponencial que assume que o aumento da concentração do adsorvato em solução leva ao aumento da concentração de adsorvato na superfície do adsorvente (HAMDAOUI et al., 2007).

O modelo é dado pela Equação 7 e sua linearização pela Equação 10, sendo *qe* quantidade adsorvida na fase sólida (mg.g^{-1}), *Ce* a concentração de equilíbrio (mg.L^{-1}), *KF* a constante que indica a capacidade relativa de adsorção do adsorvente e *n* a constante que indica a intensidade de adsorção.

$$q_e = K_F\ C_e^{1/n} \qquad \text{Equação 7}$$

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n \ln C_e}$$ Equação 8

Análise integrada da cinética e termodinâmica da adsorção

Postulado de Svante Arrhenius

O pesquisador Svante Arrhenius postulou que somente as moléculas ativadas, ou seja, aquelas com energia suficientemente elevadas, poderiam reagir e que o número dessas moléculas seria governado pela distribuição de probabilidade de Boltzmann. Assumir essa relação permitiu a Arrhenius chegar à seguinte equação:

$$k = Ae^{\frac{-\varepsilon a}{k_t^b}}$$ Equação 9

Em que *εa* é a energia que a molécula precisa ter para reagir e é chamada de energia de ativação. O termo independente da temperatura, A, é chamado de fator pré-exponencial; *kb* é a constante de Boltzmann e *T* a temperatura. A Equação (9) pode ser expressa como a Equação 10 a partir das definições de *Ea* e *R*, apresentadas respectivamente nas equações 11 e 12.

$$k = Ae^{\frac{-\varepsilon a}{RT}}$$ Equação 10

$$E_a = N_{AV} . \varepsilon a$$ Equação 11

$$R = k_b . N_{AV}$$ Equação 12

Sendo *Ea* a energia de ativação molar, N_{AV} o número de Avogrado (6,022 x 1023 mol^{-1}) e *R* a constante ideal dos gases. Usualmente os valores de energia de ativação molar estão na faixa de 50 a 200 $kJ.mol^{-1}$, valores ligeiramente inferiores à energia necessária para quebrar ligações químicas. Se for considerado que o processo de ativação é a quebra parcial de uma ligação enquanto outra é formada, essa faixa de valores é coerente. A forma linearizada da Equação 10 é apresentada na Equação 13.

$$\ln = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$ Equação 13

Ao traçar o gráfico de ln *k* versus 1/*T* é possível obter o valor da energia de ativação da reação a partir da inclinação da reta. Quanto mais acentuada a curva for, mais elevado é esse valor, o que corresponde a uma velocidade de reação muito sensível à temperatura (MORTIMER, 2008).

Postulado de Henry Eyring

Para um melhor entendimento dos parâmetros de Arrhenius foram elaboradas duas teorias, a Teoria das Colisões e a Teoria do Complexo Ativado (ou Teoria do Estado de Transição). A primeira trata reações que ocorrem em fase gasosa, logo não aplicada ao trabalho aqui realizado; enquanto que a segunda foi elaborada tanto para reações gasosas quanto para reações em solução.

A Teoria do Complexo Ativado foi criada por volta de 1930 por Eyring e Polanyi e supõe que a energia potencial aumenta à medida que os reagentes se aproximam. No valor máximo da energia potencial, a estrutura formada é chamada de "complexo ativado", $C\ddagger$. Deve ser ressaltado que o complexo ativado é um aglomerado de átomos que, por não ser um intermediário da reação, não pode ser isolado e estudado separadamente. Ainda assim, admite-se que o complexo ativado, $C\ddagger$, está em equilíbrio com os reagentes, podendo-se exprimir sua abundância na mistura reacional em termos de uma constante de equilíbrio (MORTIMER, 2008).

$$A + B \rightarrow C^{\ddagger} \qquad \text{Equação 14}$$

$$K_{eq} = \frac{[C^{\ddagger}]}{[A][B]} \qquad \text{Equação 15}$$

Ao se admitir que a velocidade com que os produtos se formam (v) é proporcional à concentração do complexo ativado, obtém-se a Equação 16.

$$v \, \alpha \, [C^{\ddagger}] = K_{eq} \, [A][B] \qquad \text{Equação 16}$$

De acordo com a formulação completa da Teoria do Complexo Ativado, a constante de proporcionalidade é igual a kbT/h, onde kb é a constante de Boltzmann (T a temperatura e h é a constante de Planck. Por substituição obtém-se a Equação 17.

$$v = \frac{kbT}{h} K_{qe} [A][B]$$ Equação 17

Comparando a Equação 17 com a expressão da lei de velocidade (Equação 18), percebe-se que a constante de velocidade *kb* está diretamente relacionada à constante de equilíbrio, conforme mostra a equação 19.

$$v = k [A][B]$$ Equação 18

$$k = \frac{K_b T}{h} K_{eq}$$ Equação 19

Sabe-se que a constante de equilíbrio, *Keq*, pode ser expressa em termos da energia livre de Gibbs padrão (Equação 20), em que ΔG‡ é a variação da energia livre de Gibbs especificamente associada com a formação do complexo do estado de transição. Após um rearranjo é possível obter a Equação 21, que substituída na Equação 10 resulta na Equação 22.

$$\Delta G^{\ddagger} = -RT \ln K_{eq}$$ Equação 20

$$K_{eq} = e^{(-\frac{\Delta G\ddagger}{RT})}$$ Equação 21

$$k = \frac{K_b T}{h} e\,(\frac{\Delta G\ddagger}{RT})$$ Equação 22

A partir da segunda lei da termodinâmica, é possível relacionar a variação da energia livre de Gibbs com as variações de entalpia e entropia e com a temperatura termodinâmica, conforme mostra a Equação 23;

$$\Delta G^{\ddagger} = \Delta H^{\ddagger} - T\Delta S^{\ddagger}$$ Equação 23

É possível prever que $\Delta S\ddagger$ será negativo (Sf < Si) para reações bimoleculares desde que dois componentes se associem para formar apenas um componente, e que $\Delta S\ddagger$ será positivo (Sf > Si) para reações unimoleculares desde que um componente pode se decompor dando origem a outro componente.

A dependência das velocidades de reação em relação à temperatura permite a avaliação dos componentes entalpia e entropia através da energia livre de Gibbs de ativação. A substituição da Equação 23 na Equação 22 resulta na Equação 24, que dividida termo a termo por *T*, resulta na Equação 25.

$$k = \frac{kT}{h}\, e - \frac{\Delta H\ddagger}{RT}\; e\, \frac{\Delta S\ddagger}{R} \qquad \text{Equação 24}$$

$$\frac{kT}{h} = \frac{K}{h} e - \frac{\Delta H\ddagger}{RT}\; e\, \frac{\Delta S\ddagger}{R} \qquad \text{Equação 25}$$

Aplicando-se o logaritmo de ambos os lados na Equação 25 obtêm-se a equação de Eyring (Equação 26), que permite determinar os fatores entálpico (e entrópico a partir do gráfico de ln (*k/T*) em função de 1/*T*.

$$\ln\left(\frac{k}{T}\right) = -\frac{\Delta H\ddagger}{RT} + \frac{\Delta S\ddagger}{R} + \ln\left(\frac{k}{T}\right) \qquad \text{Equação 26}$$

Cinética de adsorção

Os estudos cinéticos de adsorção, além de serem decididamente importantes para elucidação da interação adsorvente-adsorvato, através da determinação de parâmetros como ordem de reação, constante de velocidade, energia de ativação, também estabelecem os tempos de equilíbrio reacional. Estes tempos são necessários para os estudos de adsorção em equilíbrio, e para o perfeito planejamento do emprego do material como adsorvente, para que o processo ocorra no tempo mais rápido e eficiente possível, com economia de tempo e de custos (CHAVES, 2009).

Na literatura mais de 25 modelos são relatados na tentativa de descrever quantitativamente o comportamento cinético durante o processo de adsorção e definir a etapa do processo de adsorção determinante na cinética da reação. Cada modelo cinético de adsorção tem sua própria limitação e é originado de certas condições iniciais baseadas em experimentos específicos e de suposições teóricas. Dentre os modelos cinéticos mais comumente utilizados na literatura para explicar o processo de adsorção na interface sólido-líquida em relação ao tempo sob condições de equilíbrio não estabelecidas, destacam-se o modelo de pseudo-primeira ordem, o modelo de pseudo-segunda ordem e difusão intraparticular (CARONI et al., 2009).

Modelo cinético pseudo-primeira-ordem

A equação de pseudo-primeira-ordem é apresentada pela equação 30 (CHIOU e LI, 2003):

$$\frac{dq_t}{dt} = K_1(q_e - q_t) \qquad \text{Equação 30}$$

Em que q_t (mg g^{-1}) é a capacidade de adsorção no tempo t, q_e é a capacidade de adsorção no equilíbrio (mg g^{-1}) e k1 é a constante de equilíbrio no modelo irreversível de primeira ordem.

A Equação 31 deve ser integrada e aplica-se as seguintes condições de contorno t =0; t =t; qt=0 e qt = qt, tem-se a seguinte expressão matemática:

$$\int_0^t \frac{1}{dt} = \int_0^{qt} \frac{k_1\,(q_e - q_t)}{d_{qt}} \qquad \text{Equação 31}$$

Em muitos casos, este modelo não se ajusta bem para toda faixa de tempo de contato, pois é aplicável apenas para estágios iniciais da adsorção (CHAIRAT et al., 2008; BANAT et al., 2007; TAN et al., 2007).

Modelo cinético pseudo-segunda-ordem

A equação de pseudo-segunda-ordem pode ser expressa pela Equação 32m (NGAH; GHANI; KAMARI, 2005).

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2\,(q_e - q_t)^2 \qquad \text{Equação 32}$$

Em que k_2 é a constante de velocidade de segunda ordem. A Equação 32 tem que ser integrada e deve-se aplicar as seguintes condições de contornos t =0; t =t; qt=0 e qt = qt, logo é obtida a seguinte expressão matemática:

$$\int_0^t \frac{1}{dt} = \int_0^{qt} \frac{k_2(q_e - q_t)}{dq_t}$$

Cinética da Difusão intraparticular

Caso os modelos acima não forneçam um mecanismo definitivo, o modelo de difusão intrapartícula proposto por Weber e Morris pode ser testado. O modelo está representado pela equação 33 (CHIOU e LI, 2003):

$$q = ft^{\frac{1}{2}}$$ Equação 33

A equação 33 considera um transporte difusivo onde mostra a fórmula linearizada para calcular o parâmetro da constante da velocidade para difusão dentro da partícula (f).

A velocidade da difusão dentro da partícula é obtida por linearização da curva qt em função de $t^{1/2}$. Tais gráficos podem apresentar uma multi-linearidade, indicando que duas ou mais etapas limitam o processo de adsorção. A primeira etapa é a adsorção instantânea ou adsorção na superfície externa. A segunda etapa é o estágio de adsorção gradual onde a difusão dentro da partícula é a etapa limitante. A terceira etapa é o estágio de equilíbrio final, na qual a difusão dentro da partícula começa a diminuir, devido a concentrações extremamente baixas do adsorvato na solução (CHEN et al., 2003).

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica sobre a produção científica no tema "Tratamento avançado de água de abastecimento e remoção de cianotoxinas com carvão ativado granular – Estado da Paraíba ". Foram considerados os bancos de dados SciELO (Scientific Electronic Library Online) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) acessados no período de março à abril de 2019, com publicações dos últimos 10 anos. Foram analisadas tecnologias avançadas em relação ao tratamento de adsorção de carvão ativado granular e em pó na remoção de cianotoxinas presentes em águas eutrofizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerada efetiva na remoção de cianotoxinas, estudos que revelam a eficiência de remoção com o uso do carvão ativado tanto pulverizado quanto granular têm sido desenvolvidos

por pesquisadores de várias localidades (SATHISHKUMAR et al., 2010; VERONEZI et al. 2009; JURCZAK et al., 2005).

Em se tratando do estado da Paraíba, trabalhos como de Fernandes et al. (2009), que avaliaram a capacidade de um carvão ativado pulverizado em adsorver microcistinas. Neste estudo foi constatado 80% de remoção da cianotoxina, em concentração de microcistina-LR inferior a 3 $\mu g.L^{-1}$, quando a dosagem de CAP aplicada foi de 20 $mg.L^{-1}$, enquanto que para alcançar a remoção de 90% da toxicidade foi necessário aumentar a massa de CAP para 40 $mg.L^{-1}$.

Avaliando a remoção de microcistina-LR de água para abastecimento, utilizando carvão ativado granular de casca de coco de dendê, Villar (2012) realizou um planejamento fatoral 2^3, no qual foram estudados os seguintes fatores e níveis: concentração inicial de microcistina-LR (14,56 e 29,26 $\mu g.L^{-1}$), pH (6,4 e 8,3) e tempo de contato (60 e 90 s). Cada tratamento consistiu na operação de três colunas, sendo que os tratamentos com tempo de contato de 60 s foram compostos por colunas de 20 gramas de carvão ativado granular, enquanto os experimentos que foram realizados com tempo de contato de 90 s, eram compostos por colunas com 30 gramas do carvão. Cada coluna foi monitorada durante 15 horas e as amostras eram coletadas a cada hora. A capacidade adsortiva e a taxa de uso nessas condições foi de 21,2 $\mu g.g^{-1}$ e 1, 33$g.L^{-1}$ respectivamente. O tempo de contato foi o fator que mais influenciou no processo de adsorção de microcistina-LR, este comportamento foi observado a partir de 6 horas de monitoramento e se manteve até o final do monitoramento.

Guimarães (2012), avaliou a remoção de saxitoxina de água de abastecimento em três etapas sequenciais, utilizando tratamento convencional seguido de adsorção por colunas (CC1 e CC2) de carvão ativado granular (CAG). Os resultados dos ensaios de coagulação mostraram boa eficiência de remoção (> 50 %) para água de estudo (AE) com pH natural da água (7,6), para uma dosagem de sulfato de alumínio de 25mg/L, tanto em termos de turbidez quanto de cor verdadeira remanescentes. Para os ensaios com polímeros sintéticos, o polímero catiônico, em geral, se destacou em relação ao polímero aniônico com percentuais médios de remoção de 57% para remoção de cor verdadeira. Quando avaliada a representabilidade dos dados, observou-se que as eficiências de remoções não se repetiram. Na terceira etapa, houve baixa remoção saxitoxina por parte tratamento convencional (7%), a remoção se processou nas colunas de adsorção. A CC1 e a CC2 obtiveram remoções entre 100 e 70%, entretanto, para percentuais máximos de remoção a CC2 removeu maior quantidade de saxitoxina por unidade de tempo em relação a CC1, praticamente seis horas de diferença.

Considerando a hierarquização da remoção de microcistina-LR e saxitoxina STX por meio da adsorção em CAG de natureza e granulometrias distintas, Silva (2014) utilizou colunas de filtração com dois carvões de casca de coco de dendê com granulometrias 8x30mesh (FDG) e 12x40mesh (FDF) e um carvão mineral com granulometria 12x25mesh (FCM). Analisada a remoção de microcistina-LR pelos três tipos de carvão ativado, foi observado que, no ensaio com água destilada, o filtro de carvão ativado de casca de coco de dendê de menor granulometria 12x40mesh (0,42-1,40mm) foi mais eficiente. Comparando os filtros de CAG de maior granulometria nas duas águas de estudo, observou-se que, de forma geral, o filtro de carvão ativado mineral 12x25mesh (1,30-1,60mm) teve melhor desempenho que o filtro de carvão ativado de casca de coco de dendê 8x30mesh (0,60-2,36mm) por ter permanecido com concentrações abaixo da máxima permitida pela Portaria de consolidação nº 005/2017 anexo XX, por maior tempo.

Todavia, Guerra et al. (2015) observaram em escala de bancada a remoção de microcistina-LR em colunas de CAG de casca de coco de dendê de diferentes granulometrias (0,42 - 1,40 e 0,60- 2,36 mm) usando água bruta de manancial coletada na entrada da ETA e adicionada de cianotoxina obtida por lise celular de cultura toxigênicas. A água de estudo foi previamente tratada por sistema convencional simulando um sistema convencional utilizando o Jar Test; o efluente final decantado foi aduzido aos filtros de areia cujo efluente foi distribuído nas duas colunas de carvão ativado granular. Todas as etapas do tratamento convencional foram pouco eficientes na remoção da microcistina-LR, já com a utilização da CAG houve uma remoção entre 80 a 100%, com a maior eficiência daquele com menor granulometria, conseguindo remover a toxina até níveis inferior ao estabelecido pela Portaria.

No entanto, Lima (2015), verificou o valor de pHpcz do Carvão Ativado Granular de casca de coco de dendê, e determinou os melhores tempos de contato em que ocorrem as maiores taxas de adsorção para remoção microcistina-LR. Comprovou que a adsorção foi eficiente para a remoção de MC-LR com eficiências médias acima de 90%. O Carvão Ativado Granular utilizado apresentou valor de pHpcz favorável à adsorção de MC-LR nas condições dos experimentos. Os resultados obtidos dos testes com diferentes pHs confirmaram que a adsorção de MC-LR foi mais eficiente em pH ácido e próximo a 5,0.

Por conseguinte, Oliveira et al. (2016), realizando ensaios em escala de bancada, verificaram a eficiência de remoção de células inteiras de *Microcystis aeruginosa* e de uma de suas toxinas, por coagulação, floculação, sedimentação e filtração seguida de coluna de carvão

ativado granular. Os autores obtiveram uma eficiência de até 90% de remoção de células para dosagem superior a 45 $mg.L^{-1}$ de sulfato de alumínio e pH de coagulação de 5,5 na água decantada (para dosagens de 40 e 60 $mg.L^{-1}$ do coagulante e pH de 7,5 o percentual de remoção de células foi de 35%). Na água filtrada e na água efluente da coluna de carvão ativado granular, a concentração média de células de *M. aeruginosa* foi de 3,8 e 3,6 $cel.mL^{-1}$ respectivamente. A concentração média de MC-LR extracelular na água efluente da Coluna de Carvão Ativado Granular (CCAG) foi de 0,15 $\mu g.L^{-1}$ abaixo do limite de detecção do método (0,16 $\mu g.L^{-1}$) e após 60 horas variou de 0,18 a 0,28 $\mu g.L^{-1}$ valores estes, abaixo do valor máximo permitido pela Portaria de consolidação nº 005/2017 anexo XX do Ministério da Saúde que é de 1 $\mu g.L^{-1}$ de microcistinas na água de beber.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resposta às exigências ambientais impostas pelo nível da qualidade da água, torna-se necessário buscar o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de eliminar a presença de cianotoxinas em águas potáveis.

Dos processos comumente inseridos na tecnologia de tratamento de água, com alta eficiência na destruição de cianotoxinas, a adsorção em carvão ativado em pó (CAP) ou granular (CAG) têm apresentado resultados significativos. As isotermas de adsorção são realizadas com o objetivo de conhecer a natureza físico-química do processo, bem como a capacidade máxima de adsorção da cianotoxinas sobre o CA por meio do ajuste dos dados obtidos experimentalmente a modelos pré-estabelecidos. Estudos relataram a possiblidade de sua aplicação em escala real nas ETAs do Estado paraibano, por serem métodos economicamente viáveis, eficientes e econômicos, atuando assim, como alternativas sustentáveis no tratamento de água.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru – Brasil. **Toxicology**. 181-182, p 441-446, 2002.

BANAT, I. M, NIGAM, P.; ARMOUR, G.; SINGH, D.; MARCHANT, R. Physical removal of textile dyes and solid state fermentation of dyeadsorbed agricultural residues. **Bioresource Technology**, v. 72, p. 219–226, 2007.

BANSAL, R. C.; GOYAL, M. Activated carbon adsorption. United States of American, Taylor and Francis Group. 2005.

BORBA, C. E. Modelagem da remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo. **Dissertação de mestrado**.Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, 2006.

CARONI, A. L. P. F., LIMA, C. R. M., PEREIRA, M. R., FONSCECA, J. L. C. The kinetics of adsorption of tetracycline on chitosan particles. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 340, p. 182-191, 2009.

CHAIRAT M, RATTANAPHANI, S., BREMNER, J. B., RATTANAPHANI, V., Adsorption kinetic study of lac dyeing on cotton. Dyes and Pigments, v. 76, p. 435–439, 2008.

CHAVES, J. A. P. Adsorção de corantes têxteis sobre quitosana: condições, modelagem e otimização. João Pessoa: UFPB, 120f. **Tese (Doutorado)** – Programa de Pós graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2009.

CHEN, X.-G., PARK, H.-J. Chemical characteristics of O-carboxymethyl chitosans related to the preparation conditions. **Journal of Carbohydrate Polymers**, v. 53, p. 355–359, 200

CHIOU, M. S., LI, H. Y. Adsorption behavior of reactive dye in aqueous solution on chemical cross-linked chitosan beads**. Chemosphere**, v. 50, p. 1095–1105, 2003.

CIOLA R. Fundamentos da catálise, 1ª edição, Editora Moderna, Editora da Universidade de São Paulo, SP, 1981.

DI BERNARDO, L; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2 ed. São Carlos: Rima, 2005.1565p.

DO, D. D. Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics. Series on Chemical Engineering: Australia. v. 2, 913 p. 1998.

DRIKAS, M., DIXON, M.; MORRAM, J. Removal of MIB and gosmin using granularactivated carbon with a nd without MIEX pre-treatment. **Water Research**. v. 43, p. 5151- 5159, 2009.

FERNANDES, A. N., JUNIOR, E. P., FERREIRA FILHO, S. S. "Remoção de microcistina-LR no tratamento de águas de abastecimento por processos de oxidação química e adsorção". 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 2009.

FIGUEREDO, D. R.; AZEITEIRO, U. M.; ESTEVES, S. M.; GONÇALVEZ, S. J. M.; PEREIRA, M.J. Microcystins-producing bloons – a serious global public health issue. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 59, p 151-163, 2004.

FOUST, S. A., WENZELA, CLUMP W.C., MAUS L., ANDERSEM B.L. Princípios das Operações Unitárias, 2ª Edição, LTC - Livros Técnicos e Científicos, Editora AS, RJ, 1982.

GUERRA, A. B.; TONUCCI, M. C.; CEBALLOS, B. S. O.; GUIMARÃES, H. R.C.; LOPES, W. S.; AQUINO, S. F.; LIBÂNIO, M. Remoção de microcistina-LR de águas eutrofizadas por

clarificação e filtração seguidas de adsorção em carvão ativado granular. **Engenharia Sanitária e Ambiental (Online**). V. 20, p. 603-612, 2015.

GUIMARÃES, H. R. C. Avaliação da remoção de saxitoxina no tratamento de água de abastecimento em sistema convencional seguido de adsorção em carvão ativado granular (CAG). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB, p.77. 2012.

HAMDAOUI, O.; OUALID, S. F.; CHINA, M. M.; NAFFRECHOUX, E. Sorption of Malachite Green by a Novel Sorbent, Dead Leaves of Plane Tree: Equilibrium and Kinetic Modeling. **Chem. Eng. J**., 143, 73 – 84, 2008.

HOMEM, E. Remoção de chumbo, níquel e zinco em zeólita utilizando sistema de leito fluidizado. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, 2001.

HUANG, W.J; CHENG, B.L.; CHENG, Y.L. Adsorption of microcystin-LR by three types of activated carbon. **Journal of Hazardous Materials**. n.141, p. 115–122, 2007.

INGLEZAKIS V.J.; POULOPOULOS S.G. Adsorption, ion exchange and catalysis – design of operations and environmental applications. Amsterdam: Elsevier, 2006.

JURCZAK, T.; TARCZYNSKA, M.; IZYDORCZYK, K.; MANKIEWICZ, J.; ZALEWSKI, M.; MERILUOTO, J. Elimination of microcystins by water treatment processes – examples from Sulejow Reservoir, Poland. **Water Research**. 39, p 2394-2406, 2005.

KAWAHIGASHI, F. Aplicabilidade do pós-tratamento de lixiviados de aterro sanitário por adsorção em carvão ativado granular e avaliação ecotoxicológica. 2012. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

LETTERMAN, R.D. Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 5 Ed. New York: McGraw-Hill: American Water Works Association, v. 1, 1999.

LIMA, D. R. S., Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos de águas naturais por clarificação associada à adsorção em carvão ativado em pó. **Dissertação.** Mestrado em Engenharia Ambiental da UFOP, Ouro Preto, MG, 126p., 2013.

LIMA, N.N.C. Remoção de microcistina-LR através de adsorção com de carvão ativado. **Dissertação de mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB, p.86. 2015.

MALHAUTIER, L., J. R., DEGORCE-DUNAS, V. DEGRANCE, R. BARDIN, F. LE CLOIREC. Serological determination of Nitrobacter species in a deodorizing granular activated carbon filter. **Environmental Technology**. v.18, pp 275-283, 1997.

MALKOC, E.; NUHOGLU, Y. Determination of kinetic and equilibrium parameters of the batch adsorption of Cr (VI) onto waste acorn of Quercus ithaburensis. **Chem. Eng. Proces**. 46, 1020–1029, 2007.

MASSCHELEIN, W. J. “Adsorption. In: Unit Processes in Drinking Water Treatment, Marcel Dekker, Inc., Nova York, EUA. 321-363, 1992.

MENDES, J.S.; BARBOSA, J.E.L.O índice de estado trófico como ferramenta no monitoramento da qualidade de água da barragem de acauã: sistema recém construído sobre o rio Paraíba – PB. In: XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004, Natal, Sociedade de Engenharia Sanitária, p. 54-64, 2004.

MORENO-CASTILLA, C. Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials. Carbon, v. 42, p. 83 - 94. 2004.

MORTIMER, R. G. Physical chemistry. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2008. 1416 p.

NGAH, W. S. W., GHANI, S. A., KAMARI, A. Adsorption behaviour of Fe (II) and Fe (III) íons in aqueous solution on chitosan and cross linked chitosan beads. Bioresourse Technology, v. 96, p. 443 – 450, 2005.

OLIVEIRA, S.N.; BURITI, J.S.; CEBALLOS, B.S.O.; LOPES, W.S. REMOÇÃO DE *Microcystis aeruginosa* e microcistina-LR por sedimentação e filtração seguida de coluna de carvão ativado granular**. Engenharia Ambienta**l - Espírito Santo do Pinhal, v. 13, n. 1, p. 63-76, jan./jun. 2016.

PENDLETON, P.; SCHUMANN, R.; WONG, S.H. Microcystin-LR adsorption by activated carbon. **Journal of Colloid and Interface Science**, n. 240, n. 1, p.1-8, 2001.

SATHISHKUMAR, M.; PAVAGADHI, S.; VIJAYARAGHAVAN, K.; BALASUBRAMANIAN, S. L. Experimental studies on removal of microcystin-LR by peat. **Journal of Hazardous Materials**. n.184, p. 417–424, 2010.

SILVA, N.M.C. Avaliação da hierarquização na remoção de cianotoxinas por meio da adsorção em carvão ativado granular. **Dissertação de mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB, p.80. 2014.

SLEJKO, F.L. Adsorption technology: a step-by-step approach to process evaluation and application. New York: Marcel Dekker Inc., 223 p., 1985.

TAN, Y. Carboxymethyl chitosan prevents formation of broad-spectrum biofilm. Carbohydrate Polymers, v. 84, n. 4, p. 1365–1370, 2007.

VERONEZI, M. V.; GIANI, A.; MELO, C. S.; GOMES, L. L.; LIBÂNIO, M. Avaliação da remoção de saxitoxinas por meio de técnicas de tratamento das águas de abastecimento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. V.14, N.2, p 193-204, 2009.

VILLAR, S.B.B.L. Avaliação da remoção de microcistina-LR por adsorção em carvão ativado granular. **Dissertação de mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB, p.58. 2012.

ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES ARGILAS ORGANOFÍLICAS NO TESTE DE INCHAMENTO DE FOSTER

Thianne Silva Batista Barbosa [1]
Thiago Rodrigo Barbosa Barros [2]
Tellys Lins Almeida Barbosa[3]
Meiry Gláucia Freire Rodrigues [4]

RESUMO

A utilização de argilas como materiais adsorventes tem garantido ao processo de separação por adsorção uma tecnologia economicamente viável e eficiente. As argilas são minerais finamente divididos e são formadas essencialmente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. Naturalmente as argilas são hidrofílicas, mas podem ser modificadas por surfactantes, aumentando, principalmente, sua seletividade à compostos orgânicos e tornando-se hidrofóbicas ou organofílicas. O teste de Inchamento de Foster avalia a afinidade do surfactante com as moléculas orgânicas dos solventes, por meio da expansão sofrida pela argila sem agitação e com agitação da mistura. Dessa forma, este estudo tem como objetivo a organofilização de diferentes argilas, com os surfactantes cetramide, dodigen, praepagem e genamim, para serem avaliadas pelo teste de Inchamento de Foster em solventes orgânicos (gasolina e diesel). Para evidenciar a inserção do surfactante na estrutura, as argilas foram caracterizadas *in natura* e organofilizadas pela técnica de Difratometria de raios - X (DRX). Baseado nos resultados foi possível avaliar que as argilas que se destacaram foram as Betoníticas (BSN-01 e BSN-03), organofilizadas com o sal Genamim® (cloreto de cetil trimetil amônio), para o teste de inchamento utilizando como solvente a gasolina. Para tanto, estas apresentaram uma expansão acima de 40 mL do solvente por grama de argila.

Palavras-chave: Argilas organofílicas, Surfactantes, Solventes orgânico, Inchamento de Foster.

INTRODUÇÃO

As diversificações das atividades industriais provocam constantemente o lançamento de águas residuais contaminadas em corpos hídricos acarretando sérios problemas ao meio ambiente. Refinarias de petróleo, por exemplo, inevitavelmente tem como efluente resultante grande volume de misturas oleosas. O descarte ambientalmente aceitável destes efluentes é um desafio para a indústria de petróleo (YU et al., 2017).

[1] Doutorando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, thianne.siilva@gmail.com;
[2] Doutorando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, thiagojdbarbosa@gmail.com;
[3] Pesquisador do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, tellyslins@hotmail.com;
[4] Professor orientador: Doutor em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, meirygfr@hotmail.com.

O óleo presente na água residual pode apresentar-se basicamente de duas formas: livre ou emulsionado. O óleo livre é aquele que corresponde a uma fase visivelmente distinta da fase aquosa, pela sua densidade aparece flutuando na superfície da água como gotículas em suspensão, sendo facilmente identificável. Enquanto o óleo emulsionado se encontra tão misturado e estabilizado na água que a sua presença não pode ser distinguida visivelmente (RODRIGUES, 2009).

Desse modo, a separação de águas residuais oleosas e misturas emulsificadas de água/óleo ganhou muita atenção social devido o crescente descarte destes efluentes (WHANG, et al., 2019). No Brasil há leis que regem a preservação do meio ambiente, como a Resolução 430/11 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), órgão ambiental o qual tem estabelecido rígidos critérios em relação ao teor de óleo, exigindo como nível máximo uma concentração de descarte de 20 $mg.L^{-1}$ para óleos minerais e 50 $mg.L^{-1}$ para óleos vegetais (CONAMA, 2011).

Diversas tecnologias tem sido desenvolvidas para possível solução ou minimização destes efluentes, como, por exemplo, o processo de separação por adsorção. Este, tem-se tornado economicamente viável e eficiente, devido a possibilidade de utilização de diferentes materiais que possam ser aplicados como adsorventes.

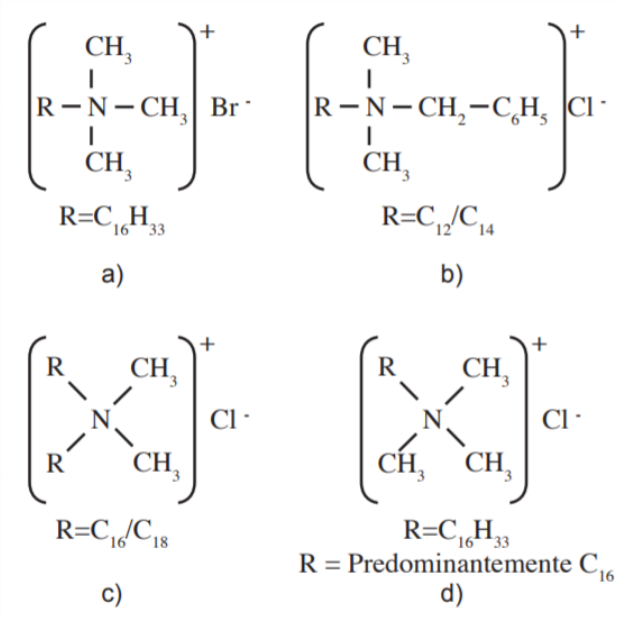
As argilas apresentam alta viabilidade técnico-econômica decorrente do seu potencial de adsorção, que associado à sua disponibilidade abundante as tornam adsorventes de baixo custo. O estado da Paraíba concentra a maior parte com aproximadamente 62% das reservas nacionais, em segundo lugar o estado de São Paulo com 28% e os 10% restantes nos estados da Bahia, Minas Gerais e Paraná (BARBOSA et al., 2006).

Segundo Santos (1992), argila pode ser definida como um material terroso, de granulação fina, que geralmente adquire, quando umedecido com água, certa plasticidade. Quimicamente, as argilas são formadas essencialmente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. São materiais provenientes geralmente dos desgastes de rochas feldspáticas, em um processo de milhões de anos. Os argilominerais caracterizam-se pela aglomeração de pequenas partículas, constituídas de minerais finamente divididos, como: quartzo, feldspato, pirita, mica e outros minerais, podendo conter também matéria orgânica ou impurezas.

As argilas são naturalmente hidrofílicas e podem ser modificadas por surfactantes pela substituição dos cátions presentes na argila pelos cátions orgânicos dos sais quaternários de amônio. Sais quaternário de amônio possuem quatro átomos de carbono ligados diretamente a um átomo de nitrogênio, através de ligações covalentes, enquanto que o ânion permanece ligado

ao nitrogênio por ligação iônica. A Fig.1 apresenta a estrutura molecular de alguns tipos de sais mais utilizados para organofilização de argilas.

Figura 1 – Estrutura molecular dos sais quaternários de amônio.



a) Cetremide® b) Dodigen® c) Praepagen® e d) Genamin®

Fonte: Barbosa (2010).

A argila modificada torna-se organofílica e sua energia superficial diminui e sua distância basal tende a aumentar (SILVA JÚNIOR et al., 2019). As argilas organofílicas são facilmente expansíveis em diversos solventes orgânicos, devido ao seu caráter hidrofóbico, o que faz da argila um material adsorvente altamente seletivo a efluentes oleosos (SILVA et al., 2006).

Nosso grupo de pesquisa (Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais, UFCG, Brasil) tem publicado uma série de trabalhos (ARAÚJO, 2013; CUNHA, 2013; MOTA et al., 2011; MOTA et al., 2012; MOTA et al., 2014; MOTA, 2010; OLIVEIRA et al., 2012; OLIVEIRA, 2012; QUEIROZ et al., 2010; RODRIGUES et al., 2010(a); RODRIGUES et al., 2010; RODRIGUES, 2009; SILVA et al., 2014; SILVA, 2010; SILVA, 2014; LIMA et al., 2015; MOTA et al., 2015; MOTA et al., 2019; CUNHA et al., 2019) sobre a utilização de argilas organofílicas no tratamento de efluentes oleosos. Diante o exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento expansível de diferentes argilas organofílicas quando submetidas ao contato com alguns solventes orgânicos.

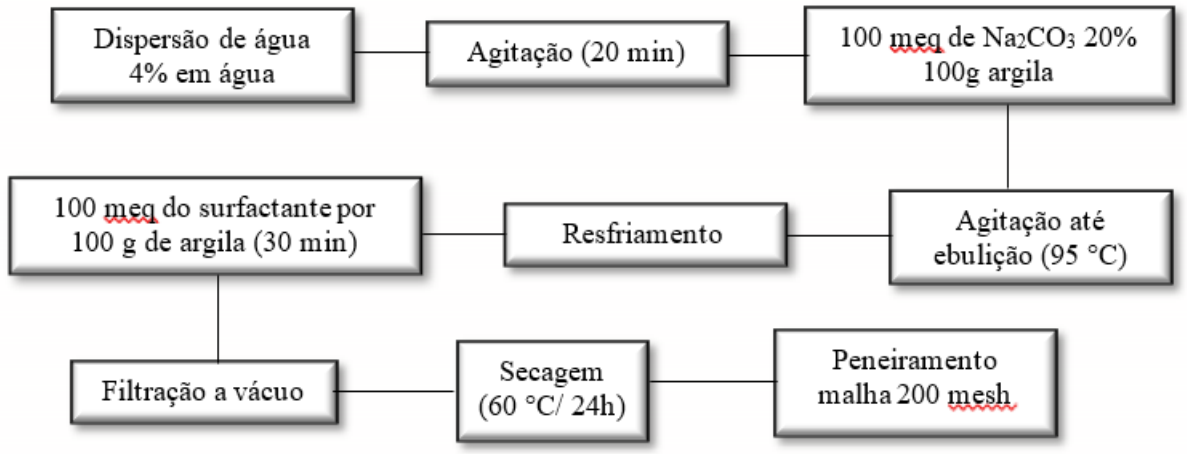
METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Química, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG), Paraíba, Brasil.

- Preparação das argilas:

O de método de preparação das argilas foi com base nos trabalhos descritos por Pereira et al., (2007). As argilas utilizadas neste estudo (BSN-01; Brasgel; BSN-03; Chocolate; Chocolate A; Cinza; Verde) foram passadas em peneiras malha 200 *mesh* (0,075mm). O procedimento é ilustrado no diagrama descrito na Fig.2, o qual apresenta as etapas de preparação da argila organofílica.

Figura 2 – Diagrama da metodologia do processo de organofilização das argilas.



As argilas foram organofilizadas com quatro tipos de sal quaternário de amônio: Cetremide® (brometo de cetil trimetil amônio), Dodigen® (cloreto de alquil dimetil benzil amônio), Praepagen® (cloreto de estearil dimetil amônio) e Genamin® (cloreto de cetil trimetil amônio), como indica a Tab.1.

Tabela 1 – Diferentes tipos de sais quaternários de amônio para cada argila.

	DODIGEN	PRAEPAGEN	GENAMIN	CETREMIDE
ARGILAS	Chocolate	Brasgel	BSN-03	Cinza
	Verde	Chocolate A	BS-01	Brasgel

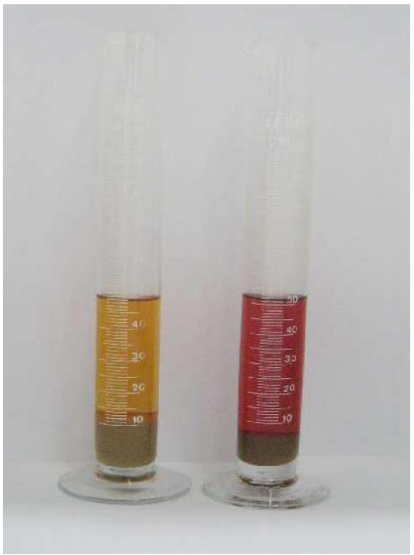
- Inchamento de Foster:

O teste de inchamento de Foster avalia a afinidade do sal quaternário com as moléculas orgânicas dos solventes. Este teste foi realizado segundo Foster (1953), com adaptações propostas por (VALENZUELA-DÍAZ, 1994).

Em uma proveta de 100mL de capacidade, foi adicionado lentamente 1g de argila organofílica a 50mL do solvente orgânico (gasolina e diesel). O sistema foi deixado em repouso por 24h e então foi efetuada a leitura do inchamento sem agitação. Depois foi manualmente agitada, com bastão de vidro, durante 5 minutos, em seguida o sistema foi novamente deixado em repouso por mais 24 horas e, então, efetuada a leitura do inchamento com agitação.

A Fig. 3 mostra a fotografia do teste do Inchamento de Foster com gasolina e diesel.

Figura 3 – Inchamento de Foster com os solventes gasolina (esquerda) e diesel (direita).



Fonte: Queiroz et al., (2010)

Alguns parâmetros de avaliação para o teste de Inchamento de Foster, adotados no Laboratório de Matérias Primas Particuladas e Sólidos Não Metálicos (LMPSol) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), estão apresentados na Tab.2.

Tabela 2 - Considerações adotadas pelo LMPSol para o teste do Inchamento de Foster.

INCHAMENTO	FAIXA
Não - Inchamento	Igual ou inferior a 2 mL/g
Baixo	3 a 5 mL/g
Médio	6 a 8 mL/g
Alto	Acima de 8 mL/g

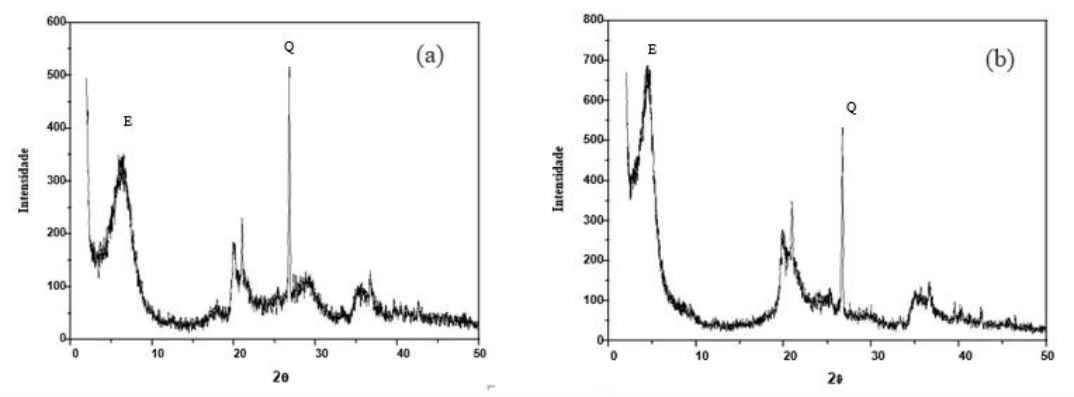
- Técnica de caraterização:

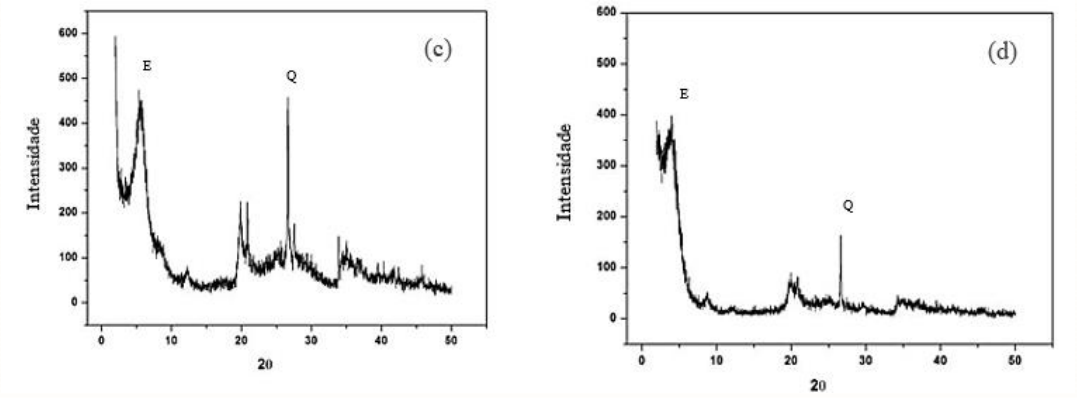
As argilas in natura e organofílicas foram caracterizadas pela técnica de DRX (Difratometria de raios X). Para tanto, utilizou-se um difratômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação CuKα, tensão de 40 KV, corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,020 e tempo por passo de 0,60 segundos, com avelocidade de varredura de 2º por minuto, com ângulo 2θ variando de 5 a 80°.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig.4 estão apresentados os difratogramas das argilas Chocolate e Verde organofilizadas com o sal Dodigen®.

Figura 4 – Difratogramas da argila Chocolate *in natura* (a); Chocolate organofilizada (b); Verde *in natura* (c) e Verde organofilizada (d).





A argila chocolate *in natura* Fig. 4(a), apresenta o primeiro pico correspondente ao argilomineral esmectítico com d = 15,98 Å e o segundo ao quartzo com d = 4,25 Å (VILAR et al., 2009). Para argila a organofílica (b), observa-se um aumento na intensidade do pico do argilomineral principal com d = 19,61 Å (LIMA, et al., 2015). Em relação à argila Verde *in natura* (c), esta mostrou-se uma distância interplanar para o argilomineral esmectítico d = 13,29 Å, como também, a presença do pico correspondente ao quartzo. Para a argila Verde organofílica (d) observa-se a redução do pico do quartzo (RODRIGUES et al., 2010).

Nas Fig. 5 e 6 estão apresentados os difratogramas das argilas Chocolate "A" e Brasgel naturais e organofilizadas com o surfactante Praepagen®, respectivamente.

Figura 5 – Difratograma da argila Chocolate A *in natura* (a) e organofílica (b).

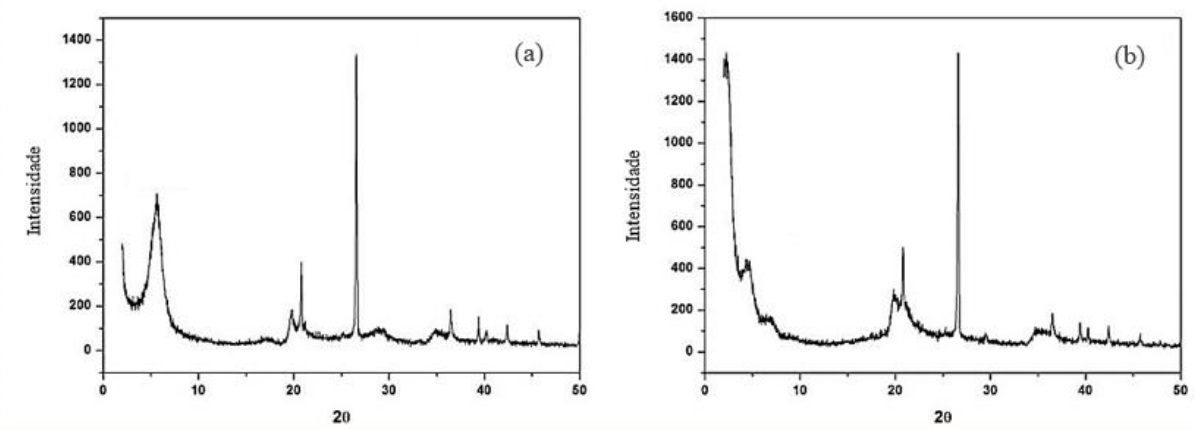
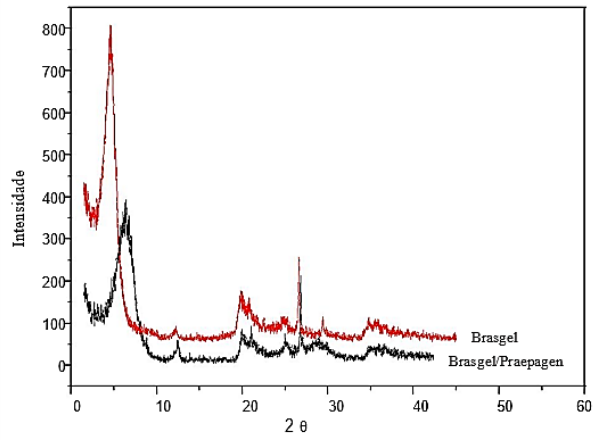


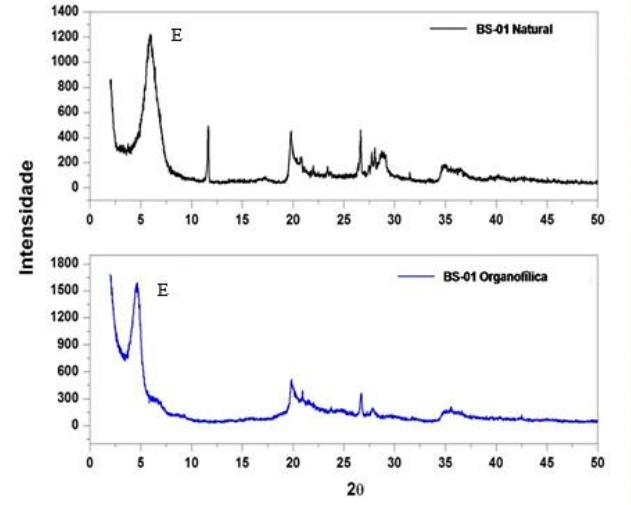
Figura 6 – Difratogramas da argila Brasgel in natura e organofílica.



A partir dos DRX mostrados na Fig.5, verificou-se que as distâncias interplanares das argilas *in natura* (a) e organofílica (b) são de 15,46 Å e 19,99 Å, respectivamente. Estes valores estão de acordo com Mota et al., (2015). Para os espectros de difração mostrados na Fig. 6, indicam o aumento de intensidade do pico correspondente do argilomineral que constitui a argila Brasgel após a organofilização com o surfactante.

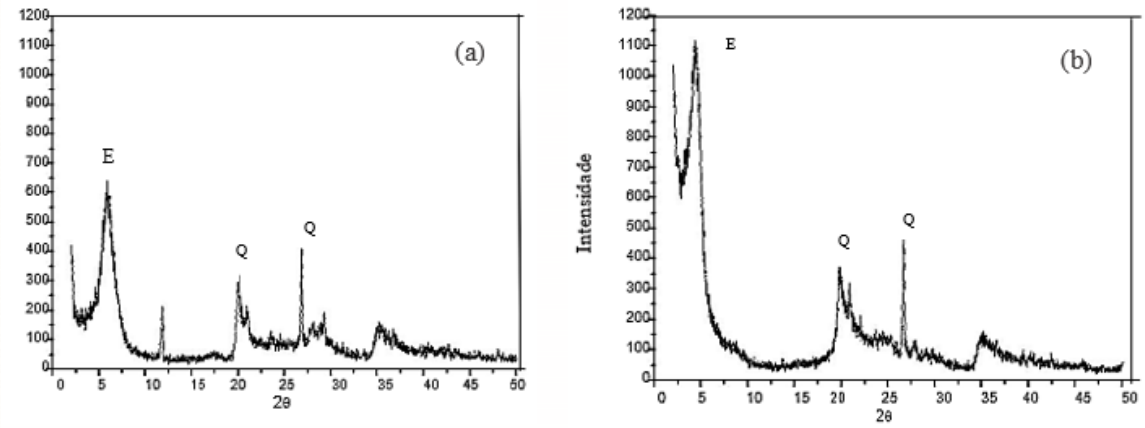
A Fig.7 indica os difratogramas da argila BS-01 *in natura* e organofílizada com o surfactante Genamin®. Por meio dos difratogramas é possível verificar que a argila BS-01 natural (Fig.7) apresenta reflexão do grupo da esmectita (E) que aparece em aproximadamente 6,63° e corresponde ao espaçamento basal de 14,88 Å. Observam-se também outros picos que são referentes a minerais não esmectíticos como o quartzo que se apresenta como impureza. Para argila organofílica, é possível observar um deslocamento de picos e um aumento do espaçamento basal de 14,88 Å para 18,93 Å.

Figura 7 – Difratogramas da argila BSN-01 natural e organofílica.



Na Fig.8 estão apresentados os difratogramas da argila BSN-03 *in natura* e organofilizada com o surfactante Genamin®.

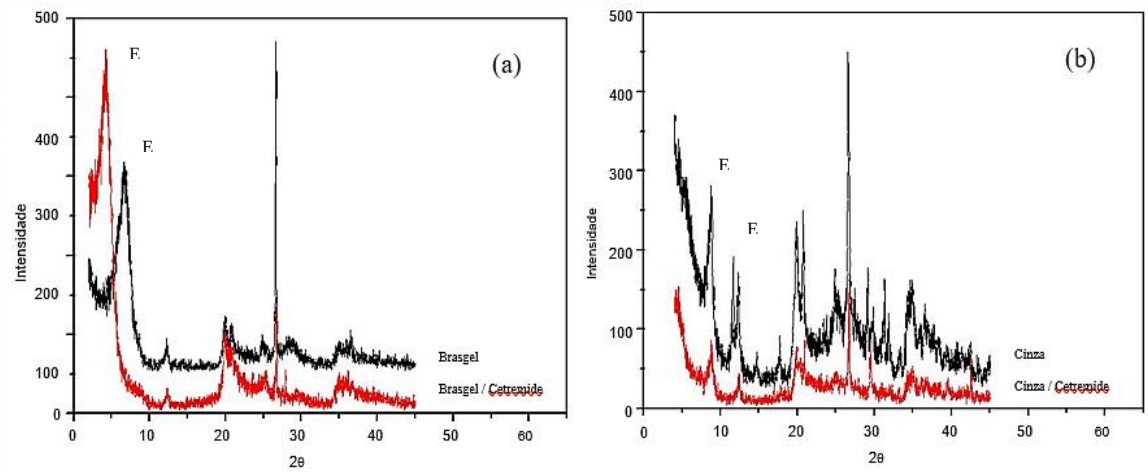
Figura 8 – Difratogramas da argila BSN-03 *in natura* (a) e organofilizada (b).



Na argila BSN-03 *in natura*, Fig.8 (a), em 5,98º é possível observar o pico referente ao espaçamento basal de 14,78 Å. Observam-se também outros picos que são referentes ao mineral não esmectítico quartzo (SHEM *et al*., 2001; NEAMAN *et al*., 2003). Já na argila organofílica Fig.8 (b), o espaçamento basal aumenta para 20,74 Å, como pode ser visto em 4,26º. Verifica-se então um aumento de 5,96 Å. Esse aumento expressivo da argila BSN-03 obtidas com o sal quaternário Genamin® evidencia a efetiva intercalação dos cátions quaternários de amônio nas camadas interlamelares da argila.

Na Fig.9 estão mostrados os difratogramas para as argilas Brasgel Cinza organofilizadas com o sal Cetremide®.

Figura 9 – Difratogramas das argilas: (a) Brasgel in natura e organofilizada e (b) Cinza in natura e organofilizada.



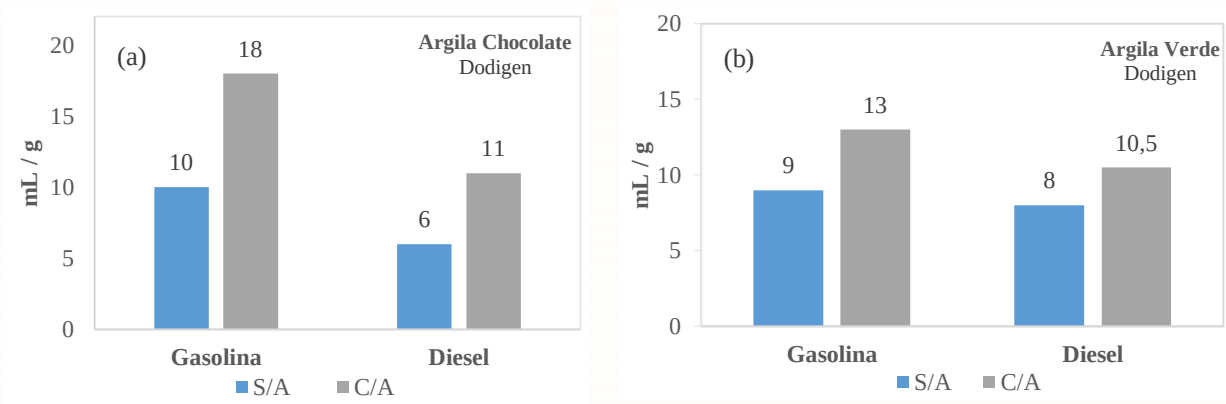
Na difração da argila Brasgel, Fig.9 (a), observou-se que os resultados do espaçamento basal são 13,29 Å para amostra natural e 21,01 Å para a argila organofílica, referente ao pico do argilomineral principal (XI et al., 2004). O aumento significativo no espaçamento basal evidencia a intercalação efetiva dos cátions quaternários de amônio nas camadas interlamelares de argila.

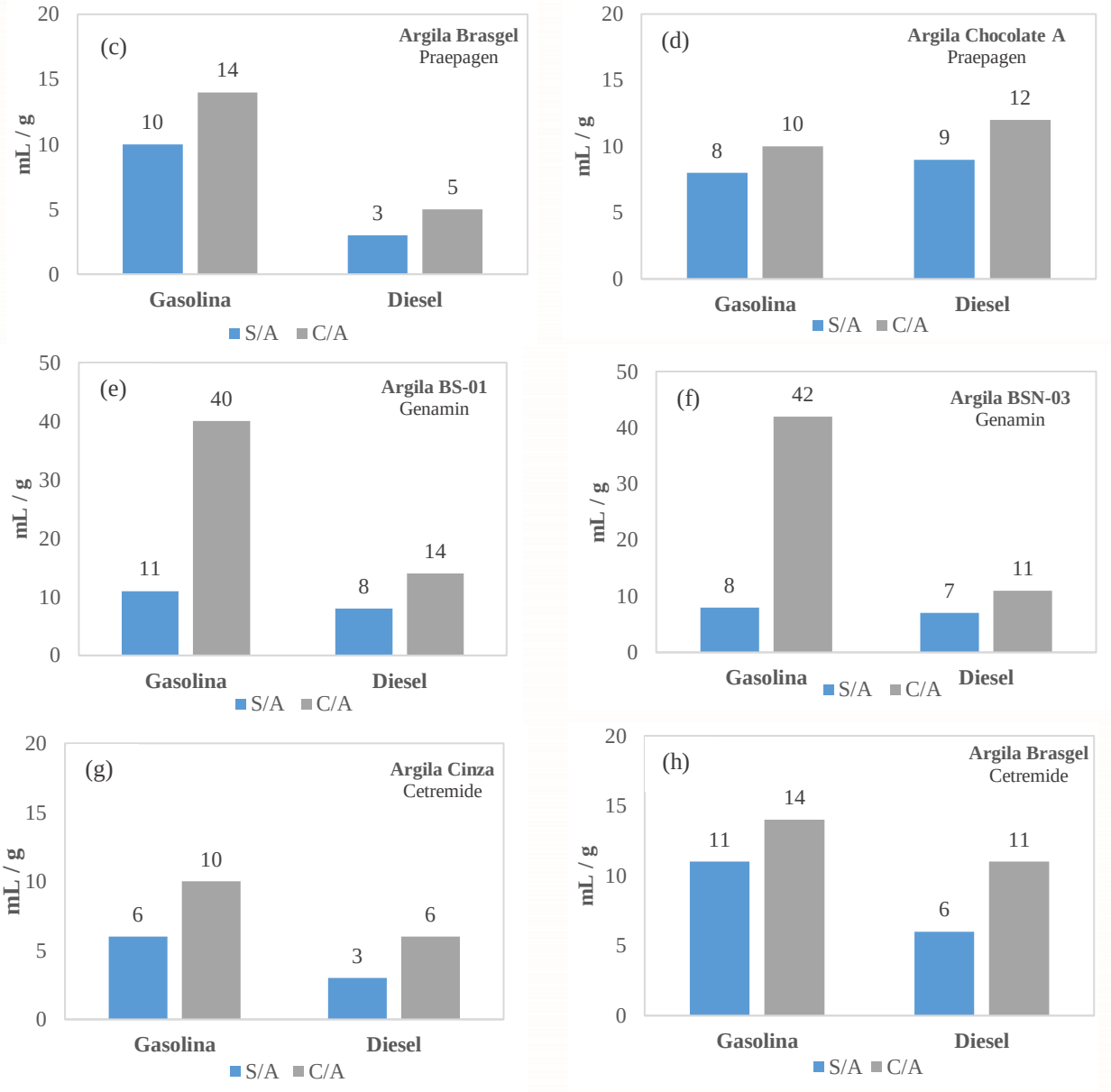
Na Fig.9 (b) da argila Cinza, podemos observar que não houve diferença significativa na intensidade do pico do argilomineral da argila organofílica quando comparada com a argila natural, provavelmente devido ao fato de que as moléculas de sal são estendidas paralelamente à superfície como monocamada (PAIVA, 2008).

- Testes do Inchamento de Foster:

Os resultados dos testes do Inchamento de Foster para as argilas Chocolate e Verde organofilizadas com o surfactante Dodigen®, argilas Brasgel e Chocolate A organofilizadas com o surfactante Praepagen(R), das argilas BS-01 e BSN-03 organofilizadas com o Genamin® e para as argilas Cinza e Brasgel organofilizadas com o Cetremide, estão apresentados na Fig.10.

Figura 10 – Inchamento de Foster: (a) Argila Chocolate/Dodigen; (b) Argila Verde/Dodigen; (c) Argila Brasgel/Praepagen; (d) Argila Chocolate A/Praepagen; (e) Argila BS-01/Genamin; (f) Argila BSN-03/Genamin; (g) Argila Cinza/Cetremide; (h) Argila Brasgel/Cetremide.





Diante os resultados da Fig.10 (a) e (b) é possível avaliar que as argilas Chocolate e Verde organofílizadas com o sal Dodigen® apresentaram inchamento “alto” na gasolina e entre “médio” e “alto” no diesel, de acordo com a Tab.2. Destacando-se entre estas a argila chocolate na gasolina em que apresentou expansão de 18 mL/g com agitação.

Para as argilas organofilizadas com o Praepagen®, Fig.10 (c) e (d), observa-se que a argila Brasgel apresenta melhor expansão na gasolina em relação ao diesel, e que a argila Chocolate A apresentou inchamento “alto” tanto para gasolina quanto para o diesel.

Na Fig.10 (e) e (f), para as argilas Bentoníticas organofilizadas com o Genamin® observaram-se maiores expansões na gasolina no sistema com agitação, em relação as outras argilas testadas neste estudo, apresentando inchamento superior a 40 mL/g, bem acima dos parâmetros de classificação estabelecidos na Tab.2.

Em relação as argilas Cinza e Brasgel com o Cetremide®, Fig.0 (g) e (h), observa-se comportamento superior para os sistemas com agitação na gasolina. Também é possível observar que a argila Brasgel como Cetremide® desenvolveu inchamento melhor no diesel do que com o sal Praepagen® mostrado na Fig.10 (c).

Os dados da classificação do Inchamento estão apresentados de forma resumida na Tab.3.

Tabela 3 – Resumo da classificação do Inchamento de Foster das argilas organofílicas.

	Gasolina $_{S/A}$	**Gasolina $_{C/A}$**	**Diesel $_{S/A}$**	**Diesel $_{C/A}$**
Chocolate	alto	alto	médio	alto
Verde	alto	alto	alto	alto
Brasgel	alto	alto	baixo	baixo
Chocolate A	alto	alto	alto	alto
BSN-01	alto	alto	alto	alto
BSN-03	alto	alto	médio	alto
Cinza	médio	alto	baixo	médio
Brasgel*	alto	alto	médio	alto

*Brasgel organofilizada com Cetremide®

Segundo Pereira (2007), esta interação depende principalmente da estrutura e propriedade dos solventes assim como da natureza dos minerais argilosos e dos seus cátions de troca que podem processar-se de acordo com: adsorção preferencial dos cátions orgânicos aos cátions inorgânicos; protonação de compostos; formação de complexos nas superfícies dos minerais argilosos e ligação de hidrogênio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante o exposto, considera-se que de acordo com os difratogramas apresentados todas as argilas estudadas indicaram mudanças na estrutura cristalinas dos minerais argilosos, tanto no aumento do espaçamento basal do pico caracteristico dos argilominerais quanto na redução da intensidade de algumas impurezas, como, por exemplo o quartzo. Dessa forma, pôde-se evidenciar a inserção dos sais quaternários de amônio nas estruturas das argilas.

Em relação ao teste do Inchamento de Foster foi possível analisar que todas as argilas apresentaram maior expansão nos sistemas em agitação com a gasolina, com exceção da argila

Cinza, todas as argilas com este solvente indicaram alto inchamento. Para o diesel, a argila Cinza destacou-se, por ser a única que apresentou baixo inchamento para os sistemas com e sem agitação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO I. N. **Modificação química da argila BSN 02 com surfactante genamin para uso na remoção de óleo em sistema de banho finito.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

BARBOSA, R.; SOUZA, D. D.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. **Avaliação da estabilidade térmica de sais quaternários de amônio para uso em argilas organofílicas nacionais - Parte I.** Cerâmica, v.56, p. 376-380, 2010.

BARBOSA, R.; ARAÚJO, E. M.; MAIA, L. F.; PEREIRA, O. D.; MELO, T. J. A. **Morfologia de Nanocompósitos de Polietileno e Poliamida-6 Contendo Argila Nacional.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 16, n° 3, p. 246-251, 2006.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Padrões de lançamento de efluentes.** RESOLUÇÃO Nº 430, 2011.

CUNHA, R. S. S.; MOTA, J. D.; SILVA, F. M. N.; RODRIGUES, M. G. F. **Synthesis, Characterization and Evaluation of Organophilic Bofe Clay for Use in the Removal of Oil Effluents.** Materials Science Forum, v. 958, p. 17-22, 2019.

CUNHA, R. S. S. **Obtenção de argila organofílica visando o processo de descontaminação de águas oleosas.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

LIMA, W. S.; RODRIGUES, M. G. F.; MOTA, M. F.; PATRÍCIO, A. C. L.; SILVA, M. M. **Study of chocolate clay (Boa Vista, Paraíba) organophilization using the mixture of quaternary ammonium salts through direct method.** Materials Science Forum, v. 805, p. 672-677, 2015.

MOTA, J. D.; CUNHA, R. S. S.; OLIVEIRA, L. A.; VASCONCELOS, P. N. M.; RODRIGUES, M. G. F. **Aplicação de argilas esmectíticas organofílicas na adsorção de efluentes petrolíferos em sistema de banho finito.** Ensino de Ciências e Educação Matemática, v. 2, p. 134-145, 2019.

MOTA, M. F. **Síntese de argilas organofílicas com diferentes sais orgânicos e avaliação.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

MOTA, M. F.; MACHADO, F.; RODRIGUES, M. G. F. **Influence of exchanged surfactant on the structure and adsorption properties of brazilian green mud clay.** Materials Science Forum, v. 727-728, p. 1473-1478, 2012.

MOTA, M. F.; PATRÍCIO, A. C. L.; SILVA, M. M.; RODRIGUES, M. G. F. **Preparation and characterization of clay chocolate "A" organoclay using stearyldimethyl ammonium chloride as a surfactant.** Materials Science Forum, v. 805, p. 667-671, 2015.

MOTA, M. F.; RODRIGUES, M. G. F.; MACHADO, F. **Oil–water separation process with organoclays: A comparative analysis.** Applied Clay Science, v. 99, p. 237-245, 2014

MOTA, M. F.; SILVA, J. A.; QUEIROZ, M. B.; LABORDE, H. M.; RODRIGUES, M. G. F. **Organophilic clay for oil/water separation process by finite bath tests.** Brazilian Journal of Petroleum and Gas, v. 5, p. 97-107, 2011.

NEAMAN, A.; PELLETIER, M.; VILLIERAS, F. **The effects of exchanged cation, compression, heating and hydration on textural properties of bulk bentonite and its corresponding purified montmorillonite.** Applied Clay Science, v. 22, p.153-168, 2003.

OLIVEIRA, G. C. **Utilização de adsorventes (carvão ativado e argilas organofílicas) no processo de separação de emulsões óleo/água.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

OLIVEIRA, G. C.; MOTA, M. F.; SILVA, M. M.; RODRIGUES, M. G. F.; LABORDE, H.

M. **Performance of natural sodium clay treated with ammonium salt in the separation of emulsified oil in water.** Brazilian Journal of Petroleum and Gas, v. 6, p. 171-183, 2012.

PAIVA, L. B; MORALES, A. R.; VALENZUELA-DIAZ, F. R. **Organoclays: Properties, preparation and applications.** Applied Clay Science, v.42, p. 8, 2008.

PEREIRA, K. R. O.; RODRIGUES, M. G. F.; VALENZUELA-DIAZ, F. R. **Síntese e caracterização de argilas organofílicas: comparação no uso de dois métodos.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.2, p.1-8, 2007.

QUEIROZ, M. B.; RODRIGUES, S. C. G.; LABORDE, H. M.; RODRIGUES, M. G. F. **Swelling of Brazilian Organoclays in Some Solvents with Application in the Petroleum Industry.** Materials Science Forum, v. 660-661, p. 1031-1036, 2010.

RODRIGUES, S. C. G. **Preparação e caracterização de argilas organofílicas em escala de laboratório, visando seu uso em sistema de separação emulsão óleo/água.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

RODRIGUES, S. C. G.; QUEIROZ, M. B.; PEREIRA, K. R. O.; RODRIGUES, M. G. F.; VALENZUELA- DIAZ, F. R. **Comparative Study of Organophilic Clays to be Used in the Gas & Petrol Industry.** Materials Science Forum, v. 660-661, p. 1037-1042, 2010(a).

RODRIGUES, S. C. G.; RODRIGUES, M. G. F.; PEREIRA, K. R. O.; VALENZUELA-DÍAZ, F. R. **Performance of organophilic clay as adsorbent in the oil/water separation process.** Brazilian journal of petroleum and gas, v. 4, p. 049-058, 2010.

SHEM, Y. H. **Preparations of organobentonite using nonionic surfactants.** Chemosphere, v.44, p.989-995, 2001.

SILVA J. A. **Utilização de argilas organofílicas nacionais em sistemas de separações emulsão óleo/água.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

SILVA JÚNIOR, R. M.; OLIVEIRA, T. A.; ARAQUE, L. M.; ALVES, T. S.; CARVALHO, L. H.; BARBOSA, R. **Thermal behavior of biodegradable bionanocomposites: influence of bentonite and vermiculite clays.** Journal of Materials Research and Technology, v. 8, p. 3234-3243, 2019.

SILVA, A. A.; PEREIRA, K. R. DE O.; RODRIGUES, M. G. F; WIEBECK, H. VALENZUELA-DIAZ, F. R. **Uso de Argilas Organofílicas na Purificação de Efluentes Oleosos.** In: 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2006.

SILVA, E. L. **Tratamento de efluentes oleosos utilizando processo de adsorção através de argila organofílica para separação óleo/água.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

SILVA, E. L.; PATRÍCIO, A. C. L.; OLIVEIRA, G. C.; RODRIGUES, M. G. F**. Evaluation of a sodic organoclay as adsorbent for removing oil/water in a synthetic wastewater.** Materials Science Forum, v. 798-799, p. 127-132, 2014.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2ª Ed; São Paulo: Edgard Blücher. v. 2, 1992.

VILAR, W. C. T.; BRITO, A. L. F.; LABORDE, H. M.; RODRIGUES, M. G. F. FERREIRA H. S. **Ativação térmica e caracterização da argila chocolate visando sua aplicação como adsorvente na remoção de níquel.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.4.3, p. 39-47, 2009.

WHANG, M.; ZHANG, Z.; WANG, Y.; ZHAO, X.; YANG, M.; MEN, X. **Durable superwetting materials through layer-by-layer assembly: Multiple separations towards water/oil mixtures, water-in-oil and oil-in-water emulsions.** Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v. 571, p.142-150, 2019.

XI, Y.; DING, Z.; HE, H.; FROST, R. L. **Structure of organoclays an X-ray diffraction and thermogravimetric analysis study.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 277, p. 116-120, 2004.

YU, L.; HAN, M.; HE, F. **A review of treating oily wastewater.** Arabian Journal of Chemistry, v. 10, p. 1913-1922, 2017.

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS (RODs) NO PROCESSO DE VERMICOMPOSTAGEM COMO PRÁTICA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Paloma Késsia Santos Silva[1]
Ana Regina Nascimento Campos[2]
Marisa de Oliveira Apolinário[3]
Michelle Gomes Santos[4]

RESUMO

O crescente aumento da população tem contribuído para uma alta demanda na produção de alimentos, o que vem gerando uma grande produção de resíduos orgânicos domésticos. Como forma de minimizar a quantidade destes resíduos depositados no meio ambiente, algumas práticas estão sendo adotadas, entre elas a vermicompostagem, que pode reduzir em até 75% o volume de resíduos orgânicos depositados nos lixões e aterros sanitários. Tendo em vista a grande quantidade de resíduos orgânicos domésticos (RODs), este trabalho objetivou testar diferentes substratos na produção de vermicomposto, utilizando-se duas espécies de minhocas, bem como avaliar as alterações físicas e químicas destes substratos na vermicompostagem sob diferentes concentrações durante o cultivo das minhocas *Eisenia andrei* e *Eudrilus eugeniae*. Os trabalhos tiveram início com a instalação do experimento de cultivo das espécies com duração de 60 dias. Após os primeiros 30 dias foram analisados a biomassa final que compreendeu a contagem das minhocas, casulos e coleta do húmus para análises físicas e químicas. Usou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, avaliando as duas espécies de minhocas, com níveis populacionais de 0, 10 e 15 minhocas/vaso e duas datas de avaliação (30 e 60 dias), com três repetições e 5 tratamentos. Foram obtidos as médias, os desvios padrão e os erros padrão, para as medidas das populações das duas espécies estudadas. De acordo com os valores encontrados, os substratos que melhor se adequaram para criação de minhocas foram o esterco caprino e serragem + matéria orgânica. A umidade, pH e Cinzas se mantiveram adequados, respectivamente.

Palavras-chave: Vermicompostagem, Cultivo, Minhocas, Resíduos orgânicos domésticos, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos, bem como a forma de destino dos resíduos orgânicos domésticos (RODs) que na maioria das vezes é através de um manejo

[1] Mestranda em Ciências do Solo- CCA/UFPB, Bióloga, licenciada em Ciências Biológicas pelo CES/UFCG palomakessiabio@gmail.com;
[2] Profª Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Química/CCT/Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, arncampos@yahoo.com.br;
[3] Profª Doutora, Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas/CES/Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, marisapoli@ufcg.edu.br;
[4] Profª Doutora, Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas/CES/Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, michellegs@ufcg.edu.br
Artigo resultado do Projeto de Iniciação Científica- PIBIC/UFCG/CNPq

inadequado destes rejeitos no ambiente, pode levar o solo a perder suas características produtivas, além do acúmulo desses materiais em lixões e aterros sanitários causando problemas ambientais.

Nesse sentido, o descarte de RODs de forma incorreta, provenientes principalmente das residências e atividades comerciais, têm causado diversos problemas, destacando-se os sociais, ambientais e econômicos, para os quais tem se procurado novas alternativas de solução (MARTIN e SCHIEDECK, 2015).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estima-se que o brasileiro produza em média cerca de 1kg de lixo por dia, onde destes 60% são resíduos orgânicos, ocasionando uma problemática envolvendo a gestão dos resíduos sólidos produzidos pela população (MENDONÇA, 2011).

O processo de vermicompostagem constitui uma alternativa viável para promover a redução de impactos negativos ao meio ambiente por ser uma alternativa de baixo custo e não poluente (BASSACO et al., 2015). Além de ser um processo de fácil manejo e que pode ser desenvolvido por agricultores.

No Brasil, cerca de 95% do alimento orgânico é produzido por pequenos e médios agricultores (FLORES, 2014 apud ZIBETTI et al., 2015). Entretanto, poucos agricultores utilizam as minhocas, desconhecendo o processo de manejo desenvolvido em um minhocário.

A vermicompostagem utiliza os resíduos domésticos orgânicos, reduzindo em até 75% o volume destes resíduos depositados no ambiente, transformando em composto. Pode ser utilizado no processo cascas de frutas e legumes, cascas de ovos, borra de café e outros resíduos orgânicos domésticos (NADOLNY, 2009; EMBRAPA, 2007).

O vermicomposto produzido para comercialização, a partir de ROD deve estar de acordo com os parâmetros físico-químicos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, enquadrados como composto orgânico. Devem obedecer à parâmetros de acordo com o decreto de n° 86.955 de 1982, sendo estes: carbono (C) mínimo de 40%, Nitrogênio (N) mínimo de 1%, pH, mínimo de 6, umidade mínima de 40% e relação C/N máxima de 18:1 (NALDONY, 2009).

O processo de vermicompostagem não está restrito apenas ao esterco bovino como material para alimentação das minhocas, diferentes materiais podem ser usados no processo de vermicompostagem (AQUINO, MORSELLI e PRATI, 2015). Materiais compostos por restos de cultura, borra café, entre outros, podem facilitar o desenvolvimento da vermicompostagem, que por reaproveitar restos orgânicos em decomposição é altamente viável para o meio ambiente e reduz custos de produção.

Nesta direção, o processo de vermicompostagem foi desenvolvido com sucesso em diversos tratamentos como esterco e conteúdo de rúmen de bovinos, com *Eisenia andrei* conforme observaram Bassaco et al. (2015). Neto et al.(2013) utilizaram 75% lodo de esgoto + 25% casca de arroz e 50% lodo de esgoto + 50% casca de arroz, com *Eudrilus eugeniae* e esterco bovino 50% + borra de café 25% + casca de amendoim 25%, com *E. andrei* (ZIBETTI et al, 2015); Esterco curtido de cama de galinha, com *Eisenia foetida* (ALENCAR et al., 2016); Composto de lixo, resto de culturas e esterco biodigerido (35+10+5 kg), com *E. foetida* (OLIVEIRA et al., 2008); esterco bovino, com *E. andrei* (LOUREIRO et al, 2007) e resíduos orgânicos domésticos, com *E. andrei* e *E. eugeniae* (NADOLNY, 2009).

Tendo em vista a produção de grande quantidade de RODs e Resíduo Orgânico (RO) animal nas propriedades rurais, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações físicas e químicas nos diferentes substratos no decorrer do processo de vermicompostagem sob diferentes concentrações das minhocas *Eisenia andrei* (BOUCHÉ,1972) e *Eudrilus eugeniae* (KINBERG, 1867).

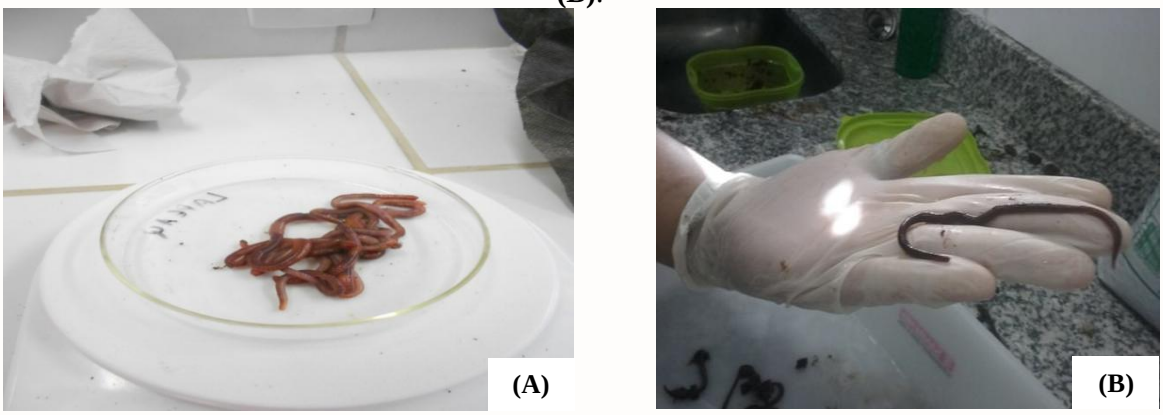
METODOLOGIA

Localização

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Estudos de Peixes e Aquicultura (LAPEAq), que dispõe de bancadas nas quais foram colocados os materiais utilizados nos experimentos. No Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos (LBBA) e na Unidade de Pescado foram realizadas as análises físicas e químicas dos substratos e vermicomposto, todos localizados no Centro de Educação e Saúde (CES)da Universidade federal de Campina Grande (UFCG).

As matrizes de minhocas utilizadas no experimento, da espécie *Eisenia andrei*, foram adquiridas de um produtor de húmus em Cuité-PB e as de *Eudrillus eugeniae*, foram compradas na empresa MINHOBOX, em Juiz de Fora-MG. As minhocas selecionadas, das duas espécies, foram animais adultos em plena atividade reprodutiva, caracterizadas pela presença do clitelo (**Fig. 1 (A)** e **(B)**).

Fig. 1. Minhocas utilizadas no experimento: espécie *Eisenia andrei* **(A)** e espécie *Eudrilus eugeniae* **(B)**.



(A) **(B)**

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Caracterização dos Resíduos Orgânicos (RO)

Os tratamentos foram compostos de resíduos orgânicos domésticos (ROD) e resíduos orgânicos de caráter animal ou estercos (ROA). O ROD ou resíduos caseiros usados como alimento para as minhocas nos experimentos foram coletados em revenda hortifrutigranjeiro situados na cidade de Cuité e nas feiras livres de cidades circunvizinhas. Esses foram representados por restos vegetais e frutas que apresentaram ligeira decomposição, por se tratarem de materiais que eram destinados ao lixo.

Os ROs foram adquiridos com produtores rurais que residem nas cidades de Barra de Santa Rosa e Cuité (PB) e Jaçanã (RN). A serragem foi doada por marcenarias, na cidade de Jaçanã – RN. O ROD recolhido foi selecionado visando semelhança com o material que é consumido em residências. Todo o ROD foi fragmentado em pedaços menores, com auxílio de faca, o que normalmente acontece nas residências, assim facilitando sua decomposição.

Foram utilizados os seguintes tratamentos, compreendendo cada tipo de tratamento durante o experimento:

01. Esterco Caprino (100%);
02. Esterco Bovino (100%);
03. Esterco Caprino (50%) + ROD (50%);
04. Esterco Bovino (50%) + ROD (50%);
05. Serragem (25%) + ROD (75%).

Cada tratamento foi revirado em dias alternados para melhor condicionar o processo e favorecer a estabilização dos substratos. O manejo desses substratos foi em chão de cimento, local que proporciona um melhor manejo além de evitar acúmulo de líquido e mistura de materiais.

Delineamento experimental

Os trabalhos tiveram início com a instalação do experimento de cultivo da espécie *Eisenia andrei e Eudrillus eugeniae* com duração de 60 dias. Após os primeiros 30 dias foram analisados a biomassa final que compreendeu a contagem das minhocas, casulos e coleta do húmus para análises físicas e químicas.

Usou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo duas espécies de minhocas, *E. andrei* e *E. eugeniae*, com níveis populacionais de 0, 10 e 15 minhocas/vaso e duas datas de avaliação (30 e 60 dias), com três repetições e 5 tratamentos, totalizando 45 unidades experimentais.

Foram usados vasos de polietileno, com capacidade de 5 L (altura 20 cm, diâmetro superior 20 cm e inferior 17 cm), contendo drenos de 0,5 cm no fundo. Cada vaso foi forrado com material semelhante a tecido, de polipropileno vulgarmente chamado de "TNT" para impedir a fuga das minhocas. Os vasos foram mantidos em bancadas no LAPEAq e diariamente eram monitorados a temperatura ambiente, com termômetro de mercúrio deixado próximo dos vasos do experimento, e outro deixado no interior dos vasos, sobre a superfície do substrato (**Fig. 2 (A)** e **(B)**).

Fig. 2. Vasos de polietileno utilizados no experimento **(A)** e **(B)**.



(A)



(B)

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Foram depositados 500 mL do vermicomposto pronto nos vasos, aproximadamente 450 g, para servir de refúgio inicial às minhocas até o ROD começar a ser ingerido. O

material foi triado para verificação de que não existia nenhuma minhoca ou casulo que pudesse interferir nas contagens e peneirado para retirada de pedras e outros materiais inertes e colocado nos vasos formando uma camada de 4 cm de profundidade.

As minhocas adicionadas aos tratamentos em cada unidade experimental foram previamente lavadas para retirar qualquer tipo de sujeira aderido ao corpo e secas com papel toalha, tomando cuidado para não permitir o ressecamento excessivo do corpo. Em seguida as biomassas (peso das minhocas) foram pesadas em balança analítica para em seguida serem então colocadas nos vasos contendo os tratamentos prontos e umedecidos.

O vermicomposto gerado no experimento foi analisado física e quimicamente. Retirou-se cinco amostras do vermicomposto utilizado inicialmente na montagem dos experimentos para também ser analisado e comparado com o material proveniente dos RO. Em cada data de avaliação, aos 30 e 60 dias, os vasos foram esvaziados e seu conteúdo depositado em bandeja plástica. As minhocas foram identificadas a olho nu, como animais adultos ou jovens, de acordo com a presença do clitelo e o vermicomposto gerado foi analisado física e quimicamente.

Análises físicas e químicas

As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos (LBBA/CES/UFCG). As amostras dos diferentes tratamentos e dos vermicompostos, antes e após 30 e 60 dias de inserção das minhocas, foram avaliadas com relação aos teores de umidade (TU), cinzas (TC), carbono (C), nitrogênio (N), relação C/N e pH, seguindo a metodologia da AOAC (1990) e Do Carmo; Silva (2012).

Análise do vermicomposto

O vermicomposto ou húmus de minhoca, até a presente data não possui legislação especifica, que estabeleça os parâmetros mínimos de composição assim como os respectivos valores de referência. Diante dessa situação o vermicomposto está enquadrado como composto orgânico.

Os parâmetros avaliados nos vermicompostos estão apresentados nas **Tabelas 1**, **2**, **3** e **4** e, estão dentro das normas do Decreto Federal N.º 86.955 de 1982 do Ministério da Agricultura, que determina para composto orgânico os seguintes parâmetros: C, N, pH e umidade. Estes deverão apresentar os seguintes valores mínimos: 40%; 1%; 6 e 40% respectivamente e C/N máxima 18/1.

Análise de dados

Os dados foram trabalhados através do Programa *STATISTICA* – Versão 13. Após verificação da normalidade da distribuição dos dados (*Teste de Kolvogrov-Smirnoff* e *Teste Shapiro-Wilk*), algumas variáveis foram transformadas para atender aos requisitos da estatística paramétrica (utilizou-se a transformação indicada por Bassaco e colaboradores, 2015). Foram obtidas as médias, os desvios padrão e os erros padrão, para as medidas das populações das duas espécies estudadas.

Objetivando verificar a possível variação média dos caracteres abordados (umidade; cinzas; pH) entre os grupos do delineamento experimental (momento do experimento; espécie de minhoca e tipo de substrato), onde foram feitas análises de variância (ANOVA) (F), sendo fixado o nível de significância em $\alpha = 0,05$ (ou seja, as diferenças foram consideradas significativas quando $p > 0,05$). Os resultados foram apresentados em forma de tabelas e gráficos (CALLEGARI-JACQUES, 2003; VIEIRA, 1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das alterações físicas e químicas nos substratos/ húmus no decorrer do processo de vermicompostagem sob diferentes avaliações

Ao determinar os valores médios das variáveis químicas segundo o momento de avaliação ao longo do experimento (**Tabela 1**), observou-se que umidade e cinzas apresentaram apenas diferenças numéricas. Houve diferença significativa apenas para pH (Anova: $F = 4,51$; g.l. = 2; $p > 0,05$), onde o mesmo foi maior (alcalino) no momento antes da inserção (**Gráfico 1**).

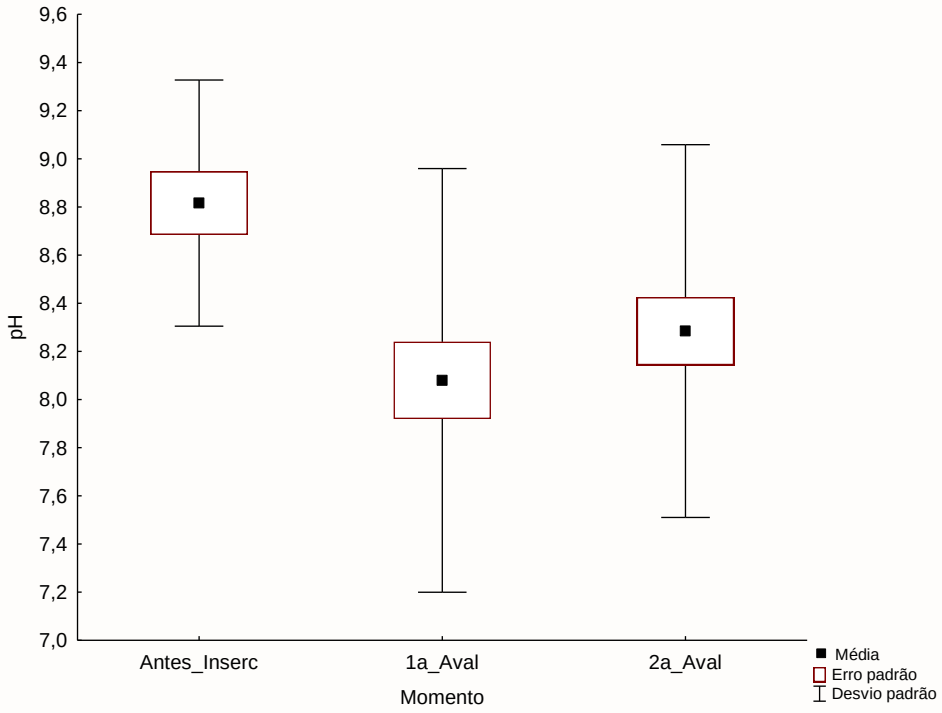
Tabela 1. Descrição das variáveis do experimento com minhocas, segundo o momento de avaliação durante o experimento em laboratório, Laboratório de Pesca e Aquicultura (Lapeaq), Cuité – PB, 2017.

Variável	Momento	N	Média	Med	Min-Max	±Dp	±Ep
Umidade (%)	Antes da Inserção	15	49,76	51,44	43,67-53,97	3,41	0,88
	1ª Avaliação	30	47,52	45,18	37,02-66,71	7,46	1,36
	2ª Avaliação	30	48,27	45,68	38,68-64,22	7,29	1,33
Cinzas (%)	Antes da Inserção	15	35,40	37,73	1,60-45,44	10,10	2,61
	1ª Avaliação	30	35,03	42,01	1,21-51,62	18,14	3,31
	2ª Avaliação	30	37,45	40,01	0,98-59,04	18,77	3,43
pH	**Antes da Inserção**	15	**8,82**	9,06	7,80-9,10	0,51	0,13
	1ª Avaliação	30	8,08	8,42	5,82-8,98	0,88	0,16
	2ª Avaliação	30	8,28	8,54	6,62-9,18	0,77	0,14

Onde: Med = Mediana; Min-Max = Valores mínimo e máximo; ±Dp = Desvio padrão; ±Ep = Erro padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Gráfico 1. Variação do pH durante o experimento com minhocas, segundo o momento de avaliação, Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.



(Anova: F = 4,51; g.l. = 2; p > 0,05)
Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Em seus estudos com *Eisenia andrei*, Bassaco e colaboradores (2015) encontraram valores de pH semelhantes ao do presente estudo no momento da instalação da vermicompostagem. Enquanto que o pH encontrado neste trabalho foi de 8,82 em média, os referidos autores registraram valores de 8,7 a 9,4 em diferentes substratos. O que mostra que, ao início dos experimentos, o pH tende à alcalinidade e vai ficando ácido ao longo das avaliações. No presente estudo, as avaliações foram feitas com 30 e 60 dias, sendo o valor mais baixo de 8,08 na segunda avaliação.

Já Bassaco et al. (2015), exibiram valores mais baixos (chegando a um pH de 6,8) porém após 90 dias de experimento. Esse valor encontrado no esterco de coelho pode ter sido resultado do alto teor de amônia, havendo uma rejeição por parte das minhocas e um menor trabalho destas já que se trata de uma substância que exala odor desagradável e impede a maturação do composto, consequentemente, supõe-se que houve um mau rendimento das minhocas.

Os microrganismos que atuam na compostagem têm como faixa ótima de desenvolvimento, um pH entre 6,5 a 8,0, portanto, quando bem conduzida, a compostagem não apresenta problemas relacionados ao controle de pH (PEIXOTO, 1988; OLIVEIRA et al., 2008).

Avaliação das alterações físicas e químicas nos substratos/ húmus no decorrer do processo de vermicompostagem com diferentes espécies de minhocas

Ao determinar os valores médios das variáveis químicas segundo a espécie de minhoca (**Tabela 2**), observou-se que umidade e cinzas também apresentaram apenas diferenças numéricas. Outra vez, houve diferença significativa apenas para pH (Anova: F = 3,96; g.l. = 2; p > 0,05), onde o mesmo foi maior no momento antes da inserção (**Gráfico 2**).

Foi interessante notar que, no presente trabalho, não houve diferença estatística entre as espécies de minhocas, onde o pH para as africanas (*Eudrillus eugeniae*) foi de 8,20 e para as californianas (*Eisenia andrei*) foi de 8,16. Assim, a diferença significativa mais uma vez foi em relação ao momento antes da inserção, porém ao comparar as duas espécies não se registrou divergências.

Nadolny (2009) em seus estudos com *Eisenia* e *Eudrillus* obteve um pH neutro em suas duas datas de avaliação (30 e 60 dias), os valores encontrados se aproximam mais da alcalinidade, com um valor de 8,08 na segunda data de avaliação. Nadolny (2009) obteve um valor de 6,9 próximo à neutralidade antes da inserção das minhocas, não havendo assim variações numéricas durante todo o experimento. Aproximando-se do valor encontrado no nosso estudo, que a todo o momento permaneceu alcalino em seus valores.

Os valores de pH obtidos em nossas análises se enquadram dentro do valor padrão apontado pela literatura (6,5 a 8,0). Somente os valores do composto inicial que deram um pouco mais de 8,0, o que logo com inserção das minhocas pode ser corrigido, havendo uma queda de valor significativo para a primeira data de avaliação.

Holanda (2013, p. 12) diz que “o sistema digestivo da minhoca é adaptado para materiais orgânicos em decomposição. No esôfago das minhocas encontram-se as glândulas calcíferas que neutralizam a acidez dos alimentos, produzindo húmus com pH neutro ou ligeiramente alcalino.”

Tal afirmação só nos confirma a veracidade dos resultados encontrados em ambos os estudos (NADOLNY, 2009; BASSACO et al. 2015) bem como em nosso presente estudo. Para a segunda data de avaliação de nosso presente estudo houve um leve aumento de pH, comparando-se com o valor da primeira data de avaliação, tal aumento pode ter acontecido devido a morte de algumas minhocas o que impediu dessa regulação.

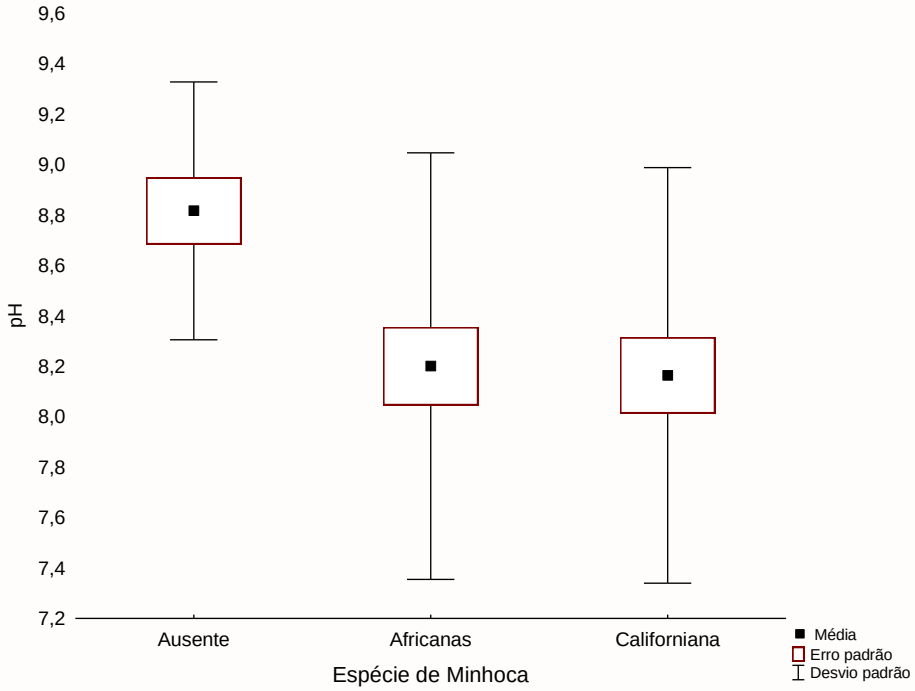
Tabela 2. Descrição das variáveis do experimento com minhocas, segundo a espécie de minhoca (Africana e Californiana), Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.

Variável	Espécie de minhoca	N	Média	Med	Min-Max	±Dp	±Ep
Umidade (%)	Ausente	15	49,76	51,44	43,67-53,97	3,41	0,88
	Africana	30	47,97	46,41	37,02-62,03	6,52	1,19
	Californiana	30	47,81	44,67	38,98-66,71	8,16	1,49
Cinzas (%)	Ausente	15	35,40	37,73	1,60-45,44	10,10	2,61
	Africana	30	34,98	42,18	1,21-56,72	18,32	3,34
	Californiana	30	37,51	43,64	0,98-59,04	18,59	3,39
pH	**Ausente**	15	**8,82**	9,06	7,80-9,10	0,51	0,13
	Africana	30	8,20	8,44	5,82-9,18	0,85	0,15
	Californiana	30	8,16	8,46	6,20-8,98	0,82	0,15

Onde: Med = Mediana; Min-Max = Valores mínimo e máximo; ±Dp = Desvio padrão; ±Ep = Erro padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Gráfico 2. Variação do pH durante o experimento com minhocas, segundo a espécie de minhoca, Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.



(Anova: F = 3,96; g.l. = 2; p > 0,05)

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Comparando-se em termos específicos das minhocas, a presente pesquisa registrou para *Eisenia andrei* (californianas) um pH médio de 8,16 (mínimo de 6,20 e máximo de 8,98). Esta faixa de variação do pH foi semelhante à encontrada por Bassaco e colaboradores (2015), onde durante todo o experimento, registraram um valor de pH mínimo de 6,8 e máximo de 8,7.

Nadolny (2009) em seu estudo também obteve semelhança dos valores de pH entre as duas espécies de minhocas em ambas as datas de avaliação (30 e 60 dias) os valores se aproximaram (7,5). A espécie californiana nas duas datas de avaliação ficou entre 7,5 e 7,4, as africanas 7,4 e 7,5 diferindo apenas o momento antes da inserção, sendo o valor mínimo de 6,9. Da mesma forma que em nossos estudos, o momento antes da inserção diferiu dos outros momentos.

Avaliação das alterações físicas e químicas nos substratos/húmus no decorrer do processo de vermicompostagem com diferentes substratos de cultivo

Ao determinar os valores médios das variáveis químicas segundo o tipo de substrato (**Tabela 3**), observou-se que umidade (Anova: $F = 43,88$; g.l. = 4; $p > 0,05$), cinzas (Anova: $F = 77,28$; g.l. = 4; $p > 0,05$) e pH (Anova: $F = 64,39$; g.l. = 4; $p > 0,05$) apresentaram diferenças significativas apenas para o substrato de cultivo composto por serragem e matéria orgânica.

Em relação à umidade, a mesma mostrou-se significativamente maior (média de 59,28%) para as minhocas cultivadas em substrato de serragem e matéria orgânica (**Gráfico 3**). Em termos gerais, para esta variável química, apenas o substrato de serragem + matéria orgânica apresentou um alto valor de umidade (mínimo = 51,77 e máximo = 66,71). Já todos os demais substratos de cultivo foram estatisticamente iguais entre si.

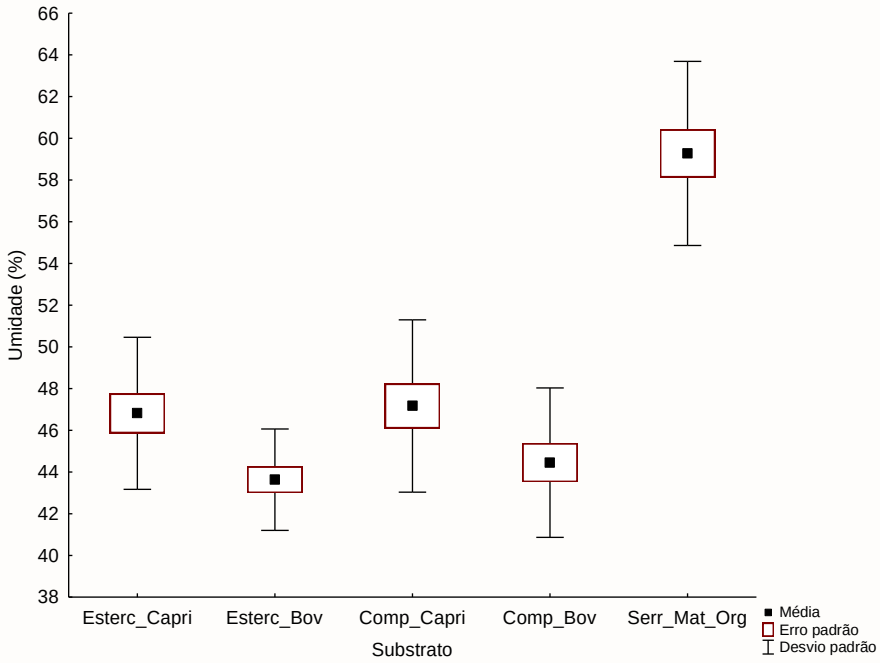
Tabela 3. Descrição das variáveis do experimento com minhocas, segundo o substrato, Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.

Variável	Espécie de minhoca	N	Média	Med	Min-Max	±Dp	±Ep
Umidade (%)	Esterc_Capr	15	46,82	46,27	40,30-53,85	3,64	0,94
	Esterc_Bov	15	43,63	43,76	38,98-47,31	2,43	0,63
	Comp_Capr	15	47,16	47,26	38,68-52,73	4,13	1,07
	Comp_Bov	15	44,45	44,38	37,02-51,44	3,58	0,93
	Serr+Mat.Org.	15	**59,28**	60,04	51,77-66,71	4,41	1,14
Cinzas (%)	Esterc_Capr	15	41,76	41,98	35,26-48,94	3,53	0,91
	Esterc_Bov	15	46,71	47,18	38,19-59,04	5,67	1,46
	Comp_Capr	15	41,39	41,39	34,56-51,62	4,78	1,24
	Comp_Bov	15	44,61	46,30	13,15-56,72	9,90	2,56
	Serr+Mat.Org.	15	**5,90**	1,98	0,98-34,64	10,74	2,77
pH	Esterc_Capr	15	8,68	8,62	8,06-9,10	0,32	0,08
	Esterc_Bov	15	8,66	8,66	8,25-9,09	0,26	0,07
	Comp_Capr	15	8,68	8,55	8,34-9,18	0,31	0,08
	Comp_Bov	15	8,64	8,67	8,03-9,12	0,35	0,09
	Serr+Mat.Org.	15	**6,88**	6,74	5,82-7,86	0,60	0,16

Onde: Med = Mediana; Min-Max = Valores mínimo e máximo; ±Dp = Desvio padrão; ±Ep = Erro padrão.

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Gráfico 3. Variação da umidade (%) durante o experimento com minhocas, segundo o tipo de substrato de cultivo, Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.



(Anova: F = 43,88; g.l. = 4; p > 0,05)

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Os microrganismos, como qualquer ser vivo necessitam de água para viver, sendo o teor de umidade entre 40 e 60% apropriado na compostagem. Quando a umidade está abaixo de 40%, a atividade microbiana se reduz até à estagnação do processo de decomposição.

Por outro lado, umidades acima de 60% fazem com que o excesso de água ocupe os espaços vazios (porosidade) do material, provocando situações de anaerobiose, onde a decomposição, além de ser mais lenta, exala odores desagradáveis, podendo atrair moscas. A umidade ideal para a decomposição aeróbica é de 55%, valor no qual o consumo de oxigênio atinge os 100% (HOLANDA, 2013).

Em sua pesquisa no tocante ao tipo de substrato, Bassaco e colaboradores (2015) se referiram a esta variável como resíduos orgânicos. Eles utilizaram conteúdo de rúmen bovino (CRB); esterco de coelhos (EC); esterco de ovinos (EO); e esterco bovino (EB). Não houve assim a utilização de serragem + matéria orgânica.

Comparando-se com o presente estudo, nossos valores médios de umidade estão dentro da faixa dos apontados por Bassaco et al. (2015), independentemente do tipo de substrato (mínimo de 54% e máximo de 82%).

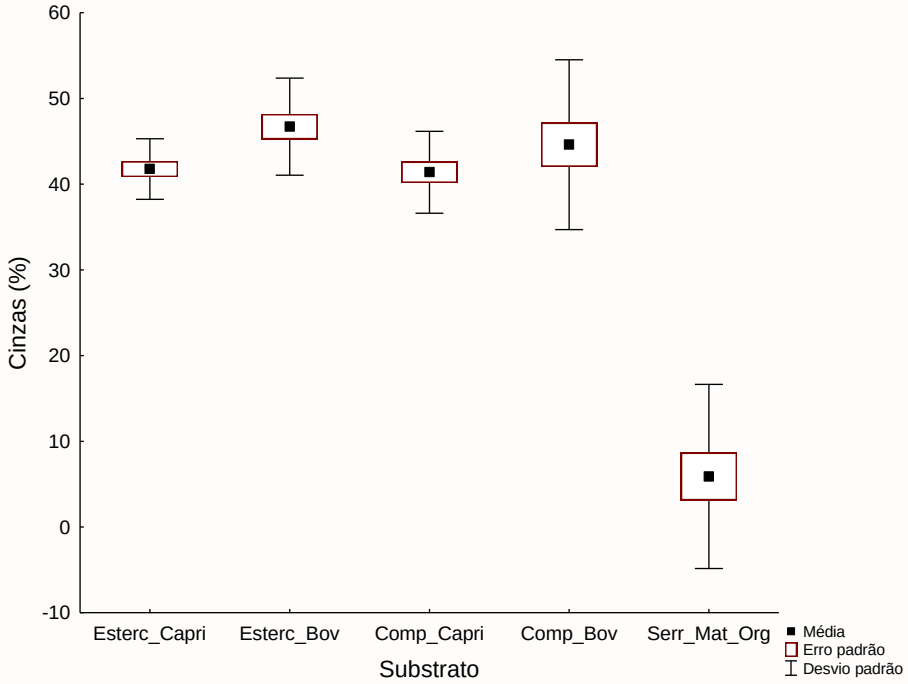
Todavia, ainda em relação aos mesmos autores, ao compararmos numericamente os níveis de umidade em substratos semelhantes (no caso, apenas o esterco bovino), esta pesquisa registrou valores bem inferiores ao de Bassaco e colaboradores (2015), onde teve seus valores de umidade de 75% antes da inserção e 76% após os 90 dias de experimento. Já o deste estudo registrou-se a média de 43,63% (mínimo 38,98 e máximo de 47,31%).

Nesse estudo o valor de umidade do substrato Serragem + matéria orgânica foi distinto dos demais valores, apresentando assim um valor superior de 59,28% sendo assim os valores de umidade obtidos dos compostos enquadram-se nessa média de 40 e 60%. O que pode distinguir o tratamento de serragem + matéria orgânica dos demais é pela grande quantidade de matéria orgânica utilizada (75%) ricas em muita água, resultando assim na alta produção de chorume observado neste material.

Segundo Maragno (2007) “O uso da serragem, ao mesmo tempo em que permite absorver umidade da massa de resíduos orgânicos, apresenta características que poderiam evitar a compactação dessa massa, melhorando a aeração da mesma e com isso favorecendo o processo.” Tal fato deve ser avaliado com maior acurácia em relação à diferenças metodológicas (frequência de umidificação dos potes) e regionais no tocante à temperatura ambiente (presente estudo no nordeste; Bassaco e colaboradores (2015) na região sul).

Em relação à TCz, esta variável foi significativamente menor no cultivo de minhocas onde o substrato era composto por serragem e matéria orgânica. Dessa forma, mais uma vez o padrão de separação deste tipo de substrato dos demais se repete (**Gráfico 4**).

Gráfico 4. Variação de cinzas (%) durante o experimento com minhocas, segundo o tipo de substrato de cultivo, Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.



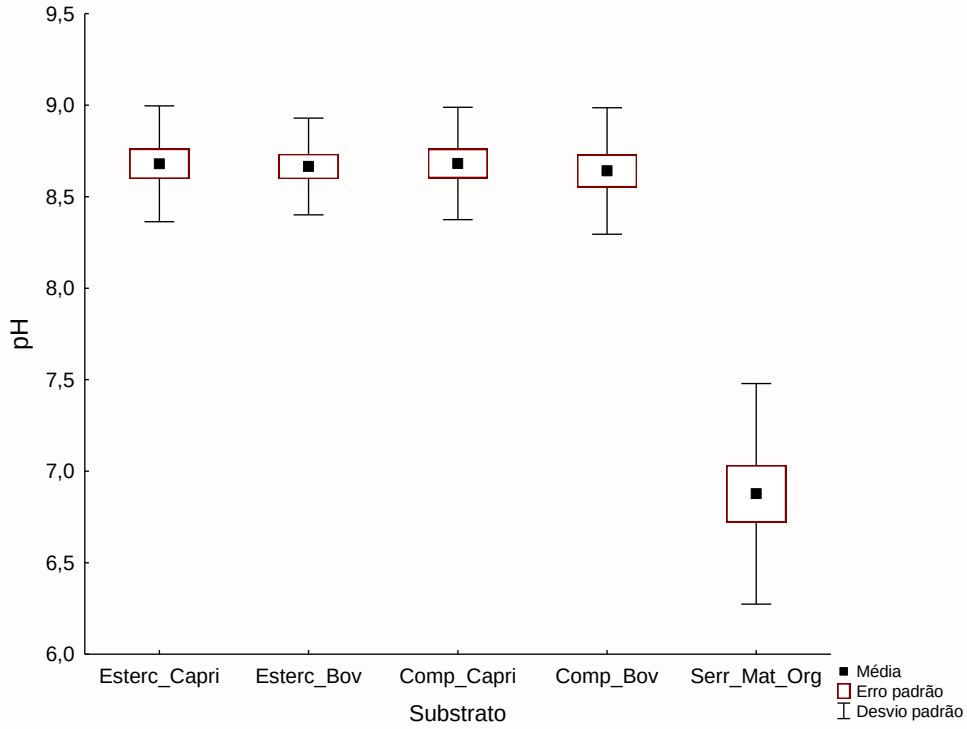
(Anova: F = 77,28; g.l. = 4; p > 0,05)
Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

TCz é o produto inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica da amostra, que é transformada em CO_2 (gás carbônico) H_2O (água) e NO_2 (dióxido de nitrogênio). Os elementos minerais se apresentam sob a forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos e cloretos, dependendo das condições de incineração e da composição do alimento. A determinação do TCz fornece uma indicação da riqueza dos elementos minerais na amostra.

Os valores obtidos de TCz estão entre (mínimo 5,90% e máximo 46,71%) Porém, destaca-se o tratamento de serragem + matéria orgânica com um percentual muito menor de TCz, que pode ser justificado pela porcentagem de distribuição dos dois materiais: serragem e matéria orgânica foi 25 e 75%, respectivamente. O que justifica seu valor baixo quando comparado aos demais substratos estudados.

Por fim, o pH foi significativamente menor no cultivo de minhocas onde o substrato era composto por serragem e matéria orgânica, separando-o dos demais substratos (os quais foram estatisticamente semelhantes entre si) (**Gráfico 5**).

Gráfico 5. Variação do pH durante o experimento com minhocas, segundo o tipo de substrato de cultivo, Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.



(Anova: F = 64,39; g.l. = 4; p > 0,05)
Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Em termos médios e em geral, o pH registrado para serragem + matéria orgânica do presente estudo (média de 6,88) foi menor do que os outros substratos e também menor do que a maioria daqueles registrados por Bassaco e colaboradores (2015), excetuando-se apenas a semelhança com o pH do esterco de coelho após 90 dias de experimento dos referidos autores (que foi de 6,8). Apesar desse valor, este composto não o torna fora do padrão estabelecido segundo a literatura que seria entre (6,5 e 8,0) (PEIXOTO, 1988; OLIVEIRA et al., 2008).

Zibetti e colaboradores (2015) em estudo com a espécie *Eisenia andrei* obtiveram na maioria de seus resultados valores de pH neutros para diferentes substratos antes dos 60 dias de avaliação e após os 60 dias houve um decréscimo nesses valores. No entanto, nenhum dos valores se aproximou com os valores encontrados em nossa pesquisa, todos se trataram de valores superiores a 7,0, já mais próximos a alcalinidade. Exceto o pH da borra de café de Zibetti e colaboradores (2015) que apresentou valor mínimo de 5,6 antes do experimento e valor máximo de 7,0 ao final da data de avaliação.

Em relação ao pH encontrado no estudo de Vidal (2007) todos os vermicompostos encontram-se numa faixa que não prejudicaria as plantas, o solo e a fauna edáfica se fossem aplicados. Os valores encontrados por ele foram (mínimo de 6,3 e máximo de 7,9) em diversos substratos. Sendo assim pode-se considerar os valores encontrados nesse estudo, positivos e aptos para adubação do solo (**Tabela 4**).

Tabela 4. Composição química do vermicomposto produzido pelas duas espécies de minhocas, nas duas datas de avaliação, Laboratório de Pesca e Aquicultura (LAPEAq), Cuité – PB, 2017.

Tratamentos	N (%)	C (%)	C/N
E. andrei (30 dias)			
Trat. 1	0,47	54,74	116,5:1
Trat. 2	0,58	54,01	93,1:1
Trat. 3	0,40	52,84	132,1:1
Trat. 4	0,29	53,34	183,9:1
Trat. 5	0,61	93,38	159,6:1
E. andrei (60 dias)			
Trat. 1	0,64	57,89	90,4:1
Trat. 2	0,56	46,82	83,8:1
Trat. 3	0,6	58,6	97,7:1
Trat. 4	0,49	50,65	103,4:1
Trat. 5	0,45	98,6	219,1:1
E. eudrillus (30 dias)			
Trat. 1	0,64	57,94	90,5:1
Trat. 2	0,53	0,53	56,91
Trat. 3	0,33	60,67	183,8:1
Trat. 4	0,40	51,76	129,4:1
Trat. 5	0,23	98,45	428,0:1
E. eudrillus (60 dias)			
Trat. 1	0,55	57,63	104,8:1
Trat. 2	0,41	50,87	124: 1
Trat. 3	0,66	56,21	85,2:1
Trat. 4	0,47	50,05	106,5:1
Trat. 5	0,35	98,1	280,3:1

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Em relação ao teor de N, "este é um importante indicador de qualidade do solo devido sua sensibilidade às alterações das condições ambientais, em consequência dos inúmeros processos químicos e biológicos que controlam sua disponibilidade e perda" (CANTARELLA, 2007). As perdas de N são mais acentuadas quando se procura preparar o composto em curto prazo, realizando mais revolvimentos para garantir melhor arejamento da massa que, por suas características naturais, tende a se compactar (MELO JÚNIOR, et al. 2012).

Os valores obtidos do nitrogênio total dos compostos estudados enquadram-se dentro dos valores propostos pelos autores (RODELLA e ALCARDE, 1994; PASCUAL et al., 1997; UNSAL e OK, 2001) quando relatam que "os compostos orgânicos apresentam grande amplitude de teores de C e N, os quais variam na faixa de 6,9 a 54,7 % e de 0,6 a 5,3 %, respectivamente". Os valores para teor de nitrogênio enquadram-se dentro do que a literatura afirma. Para ambas as datas de avaliação as duas espécies apresentaram valores nesse patamar, bem como o composto inicial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho com o ROD e RO foi positivo no sentido de executar uma compostagem doméstica eficiente e com isso reduzir os impactos ambientais gerados (quantidade de lixo) e, a utilização dos estercos tornou-se importante na produção de biofertilizantes (húmus de minhoca) a fim de inserir a minhocultura/vermicompostagem na agricultura familiar apontando qual dos substratos é mais eficiente para o produtor rural que queira adquirir esse tipo de cultura em sua propriedade.

De acordo com os estudos realizados, os substratos que melhor se adequaram para criação de minhocas foram o esterco caprino e serragem + matéria orgânica. A umidade, pH e Cinzas se mantiveram adequados, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. P; NETTO, A. J; NOGUEIRA, B. D. Efeito de Substratos na Produção e Multiplicação de *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). **Revista Acta Kariri Pesq. e Des.** Crato/CE, V.1, N.1, p. 21-28, Novembro – 2016.

AOAC – Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis.** Washington, Ed.12, 1990.

AQUINO, A. M., MORSELLI, T. B.; PRATI, L. N. Cenário atual e futuro da vermicompostagem no Brasil. In: ANJOS, J. L., AQUINO, A. M. e SCHIEDECK, G. **Minhocultura e vermicompostagem:** Interface com sistemas de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar (pp. 41-59). Brasília – DF: Embrapa, 2015.

BASSACO, A, C; ANTONIOLLI, Z, I; BRUM JÚNIOR, B de S; ECKHARDT, D, P; MONTAGNER, D. F; BASSACO, G, P. Caracterização química de resíduos de origem animal e comportamento de *Eisenia andrei*. **Ciência e Natura**, 37(1): 45 – 51, 2015.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística**: princípios e aplicações. 1ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p. 375-470.

DO CARMO, D. L; SILVA, C. A. **Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Minhocário campeiro de baixo custo para a agricultura familiar. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. **Comunicado Técnico.**

HOLANDA, Priscila Carvalho. **Compostagem e Minhocultura.** Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha; Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, 2013.

LOUREIRO, D. C, et al. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 42, n. 7, p. 1043-1048, jul. 2007.

MARAGNO, E. S; TROMBIN, D. F; VIANA, E. O Uso de Serragem no Processo de Vermicompostagem. **Rev. Eng. Sanit. Ambient.**, V. 12, N.º 4, - out./dez. 2007. p. 355-360.

MARTÍN, J. D.; SCHIEDECK, G. Nível de desenvolvimento e potencial da minhocultura e da vermicompostagem. In: ANJOS, J. L., AQUINO, A. M. e SCHIEDECK, G. Minhocultura e Vermicompostagem: Interface Com Sistemas de Produção, Meio Ambiente e Agricultura de Base Familiar (pp. 9-39). Brasília, DF: Embrapa, 2015.

MELO JÚNIOR, H. B. de; BORGES, M. V.; DOMINGUES, M. A.; BORGES, E. N. Efeito da ação decompositora da minhoca californiana (*Lumbricus rubellus*) na composição química de um fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 170-178. 2012. Disponível em: < http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/13279/8362 >. Acesso em: 17 abr. 2017.

NALDONY, H. S. **Reprodução e Desenvolvimento das Minhocas** *Eisenia andrei* **(Bouché, 1972) e** *Eudrilus eugeniae* **(Kinberg, 1867) em Resíduo Orgânico Doméstico**. 2009. 68 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná, 2009.

NETO, A. A. et al. Reprodução e Desenvolvimento de Minhocas Gigante Africana (*Eudrilus eugeniae*) em Lodo de Esgoto Produzido na Cidade de Gurupi, Estado do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 3, 2013.

PASCUAL, J. A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T. Comparison of Fresh and Composted Organic Waste in Their Efficacy for the Improvement of Arid Soil Quality. **Bioresource Technology**, vol. 68. P. 255-264. 1997.

PEIXOTO, J. O. Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica. **Engenharia Sanitária**, (1): 15-18, 1981.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)** [Online]. 1994, vol. 51, n. 3, pp. 556-562.

UNSAL, T.; OK, S. S. Description of Characteristics of Humic Substances From Different Waste Materials. **Bioresour Technology**. p. 239-242. 2001.

VIDAL, M. B; VITTI, M. R; MORSELLI, T. B. G. A. Caracterização Química de Vermicompostos de Diferentes Substratos Orgânicos. In: Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Rev. Bras. Agroecologia**, v. 2, n. 1, fev. 2007. p.1321-1324.

VIEIRA, S**. Introdução à Bioestatística.** 3ª Ed., São Paulo: Elsevier, 1998.

ZIBETTI, Volnei Knopp; DE FIGUEIREDO NACHTIGAL, Glaucia; SCHIEDECK, Gustavo. 13878 – Biomassa e produção de casulos de *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) avaliados em diferentes fontes de alimentos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

APROVEITAMENTO INTEGRAL DOS ALIMENTOS NA VISÃO DE POVOS INDÍGENAS DO ALTO DO RIO NEGRO/AMAZONAS

Aline Sobreira Bezerra [1]*

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi buscar alternativas para a oferta de produtos oriundos de partes de alimentos de grande valor nutritivo, que são usualmente descartadas pela população indígena. O projeto de extensão, implantado no município de São Gabriel da Cachoeira/AM, foi baseado em uma pesquisa-ação, com a finalidade de orientar e capacitar à comunidade indígena quanto ao aproveitamento integral dos alimentos (AIA), tendo como foco a qualidade nutricional e redução do desperdício alimentar. Foi aplicado um questionário estruturado ao público participante das oficinas com o objetivo de verificar o conhecimento destes sobre o assunto e realizada oficinas teórico-práticas. Observou-se que grande parte dos participantes já tinha ouvido falar sobre AIA, porém mais da metade nunca havia experimentado preparações contendo alimentos aproveitados integralmente. Todas as preparações obtiveram resultados superiores a 90% de aceitabilidade entre os provadores, mostrando assim uma alternativa para o consumo alimentar e sustentabilidade ambiental entre povos indígenas.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Desperdício alimentar, Qualidade nutricional.

INTRODUÇÃO

O desperdício de alimentos é um dos maiores problemas globais do século XXI, onde todos os dias uma quantidade assustadora de alimentos é desperdiçada no mundo, chegando a cerca de 1,3 bilhões de toneladas ao ano. Essa realidade reflete uma grande incoerência ao se considerar os avanços tecnológicos na área de alimentos e ações de âmbito social de combate à fome (FAO, 2013). Sobre outra perspectiva, mas ainda neste âmbito, observa-se dois perfis extremos comparando países desenvolvidos com os em desenvolvimento, onde o primeiro grupo segue o modelo do consumo excessivo enquanto o outro luta contra a má nutrição e fome (BILSKA et al., 2016).

No Brasil são desperdiçados 26,3 milhões de toneladas de alimentos ao ano, cerca de 50% dos produtos produzidos não chegam à mesa do consumidor, volume este suficiente para solucionar o problema da fome no país (FAO, 2013).

[1] Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e Professora do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará - UFC, alinecelo@hotmail.com. *Projeto de Extensão vinculado ao IFAM – Campus São Gabriel da Cachoeira.

Mesmo diante de constantes avanços tecnológicos na área de processamento de alimentos, o desperdício alimentar ainda representa um sério problema na produção, distribuição e aproveitamento de alimentos. O desconhecimento dos princípios nutritivos do alimento, bem como o seu não aproveitamento adequado, ocasiona o desperdício de toneladas de recursos alimentares (BANCO DE ALIMENTOS, 2003).

Talos, folhas e cascas são, muitas vezes, mais nutritivos do que a parte dos alimentos que estamos habituados a consumir. Um quarto de toda produção nacional de frutas, verduras e legumes não são aproveitados. Sendo assim, utilizar o alimento em sua totalidade significa mais do que economia. Significa usar os recursos disponíveis sem desperdício, reciclar, respeitar a natureza e alimentar-se bem, com prazer e dignidade. Estima-se que no setor de refeições coletivas, o desperdício de alimentos chegue em torno de 15%, enquanto que nas residências esse valor atinja 20% (BADAWI, 2009; LAURINDO; RIBEIRO, 2014).

As razões pelas quais os alimentos são desperdiçados e as consequências dessas perdas têm impactos que se refletem em questões ambientais (mudanças climáticas e emissão de gases) até econômico-sociais nas quais podemos agrupar o fato da perda de recursos na forma de energia, água, fertilizantes e força de trabalho (HALLORAN et al., 2014).

Devido à natureza complexa da cadeia de abastecimento alimentar, em seus numerosos estágios e estrutura organizacional complexa, o processo de gestão eficiente de fluxos e manuseio de alimentos é um grande desafio. Quantidades excessivas de produtos no mercado, bem como canais de distribuição e logística mais longos, resultam em perdas crescentes e desperdício de alimentos em todo o mundo. Este fenômeno é observado em todas as fases da cadeia de abastecimento alimentar, desde a produção primária, passando pelo processamento, venda, restauração, distribuição até às famílias (BILSKA, 2016). Outro fator que contribui com o crescente desperdício de alimentos é o aumento da exigência dos consumidores que leva os feirantes a exigirem mais qualidade e impor ao agricultor uma série de regras (FORTES et al., 2015).

Segundo Oliveira e Lima (2007), os hábitos alimentares têm como base principalmente a disponibilidade de alimentos, as crenças e significados que cada pessoa confere aos alimentos. Entre a população indígena esse fato é muito comumente observado, bem como entre não indígenas. Dessa forma, a sensibilização sobre o desperdício de alimentos através da orientação sobre aproveitamento integral dos alimentos é um importante instrumento para promover o aumento da qualidade de vida das famílias e preservação do ambiente, contribuindo assim na melhoria do quadro alimentar atual no país.

Diante do exposto, o objetivo desse projeto foi implantar a utilização integral dos alimentos, visto que é uma alternativa para a oferta de produtos oriundos de partes de alimentos de grande valor nutritivo, que são usualmente descartados, onde estudos comprovam sua qualidade nutricional, contribuindo também na redução significativa de resíduos gerados em função do desperdício.

O projeto de extensão, implantado no município de São Gabriel da Cachoeira no ano de 2017, buscou integralizar a comunidade interna (servidores e discentes) do IFAM e externa desta localidade por meio da realização de oficinas e palestras que contemplassem o assunto, com orientações teóricas e práticas sobre o aproveitamento integral dos alimentos e sua importância para a população indígena e para o meio ambiente.

METODOLOGIA

Foi utilizada como metodologia a pesquisa-ação, com a finalidade de orientar e capacitar à população quanto ao aproveitamento integral dos alimentos, tendo como foco a qualidade nutricional e redução do desperdício alimentar. O projeto foi implantado no mês de maio de 2017, sendo iniciado no IFAM/CSGC com a conscientização do assunto aos manipuladores de alimentos da instituição, servidores e discentes e depois expandido para a comunidade indígena.

O projeto foi dividido em dois momentos: No primeiro momento foi aplicado um questionário semiestruturado para verificar o conhecimento inicial dos participantes das oficinas sobre aproveitamento integral dos alimentos.

No segundo momento foram realizadas oficinas orientadas teóricas e práticas sobre o tema “Aproveitamento Integral dos Alimentos” no IFAM – Campus São Gabriel da Cachoeira/AM e na comunidade externa (quartéis, comunidades indígenas e em locais de grande acesso da região). Foram abordados assuntos como higiene alimentar e pessoal, qualidade nutricional de sobras e aparas de alimentos, elaboração e produção de receitas e preparações contendo as mesmas, bem como a avaliação da aceitabilidade destas. Ao fim de cada oficina, era disponibilizado ao público participante um caderno de receitas contendo preparações utilizando alimentos na sua forma integral produzidos pelos indígenas.

Os dados coletados dos questionários foram analisados no programa Microsoft Excel 2010 e avaliados por meio de análise descritiva simples. As imagens coletadas pelo autor do trabalho tiveram o consentimento dos participantes do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de alimentos envolve um conjunto de ferramentas para a garantia da qualidade e segurança alimentar e tem como finalidade promoção, manutenção e recuperação da saúde individual e coletiva dos usuários que se beneficiam da alimentação servida (PROENÇA et al., 2005).

Durante as etapas do projeto, foram ressaltadas fases importantes como a qualidade e segurança alimentar, higiene pessoal e dos alimentos visto que a maior dificuldade encontrada entre esse público envolvia as boas práticas de manipulação de alimentos e higiene pessoal.

Trabalhou-se com a conscientização de que muitos alimentos descartados possuem boas condições de consumo e elevado valor nutricional, mesmo apresentando injúrias, deformidades e variedade nos estágios de maturação o que os tornam inadequados para venda no varejo e fora dos padrões de qualidade para processamentos industriais, mas podem servir de base para inúmeras receitas de alto valor nutritivo. Durante as oficinas, ficou evidente que os alimentos podem ser aproveitados em sua totalidade, ação esta que ameniza as perdas dos mesmos com potencial para consumo na elaboração de novos produtos ou preparações.

CONHECIMENTO DA POPULAÇÃO SOBRE O APROVEITAMENTO INTEGRAL DOS ALIMENTOS E OFICINAS

Essa atividade teve por objetivo avaliar a percepção da população com relação ao aproveitamento integral dos alimentos no município de São Gabriel da Cachoeira/AM. A pesquisa foi realizada por meio de um questionário estruturado abordando questões sobre o aproveitamento integral dos alimentos (AIA), o qual foi aplicado antes da realização das oficinas teórico-prática sobre o assunto.

O mesmo abordou as seguintes questões de forma simples e de fácil entendimento ao público participante:

1. Idade
2. Sexo
3. Você já ouviu falar em aproveitamento integral dos alimentos?
4. Já fez alguma preparação com a utilização integral ou reaproveitamento de alimentos?
5. Já experimentou alguma preparação contendo alimentos aproveitados integralmente ou reaproveitados?

6. Você acha que o aproveitamento integral dos alimentos deve ser usado somente por famílias de baixa renda?
7. Qual a vantagem de reaproveitar ou aproveitar integralmente os alimentos?

Após a aplicação do questionário e tendo em vista os resultados exibidos, procedeu-se com a realização das oficinas abordando assuntos como higiene alimentar e pessoal, qualidade nutricional de sobras e aparas de alimentos, elaboração e produção de receitas e preparações contendo as mesmas, bem como a avaliação da aceitabilidade destas. Ao fim de cada oficina, era disponibilizado ao público participante um caderno de receitas contendo preparações utilizando alimentos na sua forma integral produzidos pelos indígenas.

As oficinas foram realizadas com servidores do IFAM/CSGC, profissionais da saúde do município de São Gabriel da Cachoeira, discentes do Instituto e com a comunidade externa. Os resultados aplicados em cada grupo podem ser observados a seguir.

1. Servidores do IFAM/CSGC e Profissionais da Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA) de São Gabriel da Cachoeira/AM.

Aplicou-se o questionário sobre o assunto o qual foi respondido por 53 participantes entre eles: professores, técnicos administrativos, profissionais técnicos especializados e de ensino superior, sendo aplicado antes da realização da oficina teórica prática para avaliar a percepção dos mesmos. Os resultados mostraram que entre os participantes, 81% (n=43) eram do sexo feminino e 19% (n=10) do sexo masculino, na faixa etária de 18 a 56 anos de idade.

Questionados se os mesmos já haviam ouvido falar sobre AIA, 68% (n=36) disseram que sim e 32% (n=17) que não. Quanto à elaboração de alguma preparação com a utilização integral dos alimentos ou reaproveitamento de alimentos, 23% (n=12) relatou que sim e 77% (n=41), relataram que não.

Com relação a ter experimentado preparações contendo alimentos aproveitados integralmente ou reaproveitados, 47% (n=25) respondeu que sim, enquanto que 53% (n=28) que nunca haviam experimentado.

Questionados sobre se achavam que o AIA deveria ser usado somente por famílias de baixa renda, 2% (n=1) relatou que sim e 98% (n=52) que não. Com relação à vantagem de reaproveitar ou aproveitar integralmente os alimentos, o Quadro 1 mostra as colocações feitas pelos participantes.

Vantagens do aproveitamento integral dos alimentos	n	%
Ingerir vitaminas e minerais e faz bem para a saúde	2	4
Não desperdiçar nutrientes	14	26
Evitar descarte e aproveitar nutrientes	6	11
Aproveitar todo o alimento (evitar desperdício)	9	17
Economia na alimentação	1	2
Escassez de alimentos na região e evitar desperdício	1	2
Produção de menos lixo, aproveitar nutrientes e não desperdiçar (sustentabilidade e nutrientes)	4	8
Aproveitar nutrientes e não desperdiçar dinheiro (vantagem financeira e nutricional)	4	8
Opção de mais preparações	1	2
Aproveitar nutrientes, economia familiar e saúde	1	2
Saúde	2	4
Alimentação saudável e menos desperdício	2	4
Evitar desperdício	3	6
Toda a vitamina encontra-se nas partes desprezadas	1	2
Sem resposta	2	4
TOTAL	**53**	**100**

Quadro 1 - Vantagens de se reaproveitar ou aproveitar integralmente os alimentos na voz de servidores públicos. (Fonte: elaborado pelo autor).

Após a aplicação do questionário, os participantes foram orientados por meio de uma oficina teórico-prática realizada no mês de julho de 2017 no IFAM/CSGC, onde foram instruídos sobre o assunto e puderam elaborar preparações com alimentos aproveitados integralmente contendo abóbora (panqueca e bolo com a utilização de casca e polpa, aperitivo de semente) e melancia (doce e refogado de entrecasca de melancia). Todas as preparações tiveram uma excelente aceitação entre o público envolvido, os quais se surpreenderam com o sabor e relataram que iriam reproduzir em seus lares (Figura 1).

Estudo realizado por Oliveira e colaboradores (2009) que utilizou o aproveitamento integral dos alimentos como contribuição da melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente de um grupo de mulheres da cidade de Recife, verificou que o aproveitamento de algumas partes dos alimentos como cascas de frutas, talos de hortaliças e pó de sementes (melancia, melão e

jaca) não faziam parte do consumo deste público e era descartado. Porém ao degustar as preparações elaboradas com aproveitamento integral dos alimentos, as participantes se surpreenderam com o sabor e aparência dos produtos e passaram a fazer as receitas em casa, as quais tiveram uma excelente aceitação entre seus familiares.





Figura 1 - Oficina teórico-prática realizada com servidores do IFAM/CSGC e profissionais da saúde da SEMSA/SGC.

2. Discentes do IFAM - Campus São Gabriel da Cachoeira/AM.

O questionário foi respondido por 42 discentes que participaram de uma oficina teórico-prática sobre o assunto, sendo aplicado antes da realização desta para avaliar a percepção dos mesmos. Os resultados mostraram que entre os participantes, 71% (n=30) eram do sexo feminino e 29% (n=12) do sexo masculino, na faixa etária de 15 a 18 anos de idade.

Questionados se os mesmos já haviam ouvido falar sobre AIA, 67% (n=28) disseram que sim e 33% (n=14) que não. Quanto à elaboração de alguma preparação com a utilização integral dos alimentos ou reaproveitamento de alimentos, 33% (n=14) relatou que sim e 67% (n=28), relataram que não.

Com relação a ter experimentado preparações contendo alimentos aproveitados integralmente ou reaproveitados, 52% (n=22) respondeu que sim, enquanto que 48% (n=20) que nunca haviam experimentado.

Questionados sobre se achavam que o AIA deveria ser usado somente por famílias de baixa renda, 2% (n=1) relatou que sim e 98% (n=41) que não. Com relação à vantagem de reaproveitar ou aproveitar integralmente os alimentos, o Quadro 2 mostra as colocações feitas pelos participantes.

Vantagens do aproveitamento integral dos alimentos	**n**	**%**
Não saber como fazer	1	2
Ingerir vitaminas e minerais e faz bem para a saúde	6	14
Diminuir o desperdício e redução de gasto com alimentos	6	14
Cuidando do meio ambiente	2	5
Ingerir nutrientes e não desperdiçar	3	7
Aproveitar todo o alimento não permitindo que estrague	7	17
Mais diversidade alimentar	4	10
Faz bem para a saúde, não desperdiça e reduz gastos	6	14
Aproveitar nutrientes e contribui para o meio ambiente	1	2
Evitar o desperdício	4	10
Variedade no cardápio e contribuição ao meio ambiente	2	5
Não saber como fazer	1	2
TOTAL	**42**	**100**

Quadro 2 - Vantagens de se reaproveitar ou aproveitar integralmente os alimentos na voz dos discentes. (Fonte: elaborado pelos autores).

Após a aplicação do questionário, os participantes foram orientados por meio de uma oficina teórica prática (Figura 2) realizada no mês de agosto de 2017 no IFAM/CSGC, onde foram instruídos sobre o assunto e puderam elaborar preparações com alimentos aproveitados integralmente contendo abóbora (panqueca e bolo com a utilização de casca e polpa, aperitivo

de semente), melancia (doce e refogado de entrecasca de melancia). Todas as preparações tiveram uma excelente aceitação entre o público envolvido.

Observou-se que por se tratar de um público jovem e com certas peculiaridades alimentares, os produtos elaborados despertaram um grande interesse entre todos, tanto em relação ao sabor, quanto em relação ao seu consumo. Muitos relataram que iriam reproduzir em suas casas e repassar aos seus responsáveis.

A conscientização entre o público jovem na utilização integral dos alimentos, possibilita uma maneira de incrementar a culinária diária de sua família, com a criação de novas receitas como geleias, tortas, sucos, doces, além de enriquecer nutricionalmente a dieta, proporcionando mais saúde ao indivíduo.



Figura 2 – Oficina teórico-prática realizada com discentes do IFAM/CSGC.

3. Oficina prática e análise sensorial com a comunidade

A oficina de aproveitamento integral dos alimentos e a análise sensorial da preparação ocorreram durante a II Ação de Promoção à Saúde Biopsicossocial do Instituto Federal do Amazonas/CSCG na Praia de São Gabriel da Cachoeira no mês de maio de 2017. Essa atividade teve por objetivo realizar uma oficina prática com aproveitamento integral de melancia e avaliar a aceitabilidade de um doce elaborado com a utilização da entrecasca (Figura 3).

A análise foi realizada com 111 julgadores não treinados, sendo esses discentes, servidores (docentes e técnicos administrativos do IFAM) e comunidade externa, de ambos os sexos e na faixa etária de 14 a 61 anos de idade.

De acordo com os resultados do teste de aceitabilidade, realizado conforme recomendação do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e ancorado em seus extremos adorei e detestei, dentre os julgadores, 23,4% (n=26) eram do sexo masculino e 76,6% (n=85) do sexo feminino.

Destes, 91% (n= 101) relataram ter adorado e gostado do doce, 8,1% (n=9) relataram indiferença e 0,9% (n=1) não gostaram do doce. Entre os comentários observados neste último grupo, foi relatado estar muito doce e se tratar de doce feito de sobra. Os resultados revelaram uma excelente aceitabilidade do produto entre o público envolvido.





Figura 3 - Oficina prática e análise sensorial de doce de entrecasca de melancia realizada na praia de SGC/AM com a comunidade.

4. Oficina prática de Panificação com AIA na comunidade (Exército Brasileiro e Comunidade Indígena da Ilha de Duraka)

Nessa atividade foram desenvolvidas oficinas de panificação, focando na elaboração de receitas contendo partes de alimentos usualmente descartadas como a casca da abóbora e sementes e casca de batata e outros produtos panificáveis utilizados e cultivados pela comunidade.

As oficinas ocorreram no setor de aprovisionamento da Engenharia na 2ª Brigada de Infantaria de Selva (2ª BIS) de São Gabriel da Cachoeira no mês de junho e na Comunidade Indígena da Ilha de Duraka no mês de agosto de 2017 (Figuras 4 e 5).

Diante das atividades propostas com a comunidade observou-se que o aproveitamento integral dos alimentos é sim uma alternativa tecnológica viável, limpa e ao alcance de todos, pois pode ser aplicada tanto no ambiente industrial como residencial. Todos os alimentos produzidos tiveram uma excelente aceitação entre o público participante, o qual relatou que iria reproduzir em seus lares e trabalho.

A utilização destes alimentos de forma sustentável, reduz a produção de lixo orgânico, prolonga a vida útil do alimento, promove a segurança alimentar e beneficia a renda familiar (SILVA & RAMOS, 2009). Além disso, o aproveitamento de frutas e hortaliças, como forma de incentivo ao consumo desse grupo de alimentos, é uma prática alimentar saudável e contribui para a promoção da saúde (BRASIL, 2004).



Figura 4 - Oficina prática de panificação com foco no AIA realizada no setor de aprovisionamento da Engenharia no 2ª BIS/SGC.



Figura 5 - Oficina prática de panificação com foco no AIA realizada na comunidade indígena Ilha de Duraka/SGC - AM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que o aproveitamento integral dos alimentos ainda é um assunto desconhecido pela população indígena e deve ser estimulado por meio da exposição contínua do assunto em ações teóricas e práticas, pois muitas informações errôneas são divulgadas, favorecendo o desperdício, preconceitos e maus hábitos alimentares.

Observou-se que grande parte dos participantes já tinha ouvido falar sobre AIA, porém mais da metade nunca havia experimentado preparações contendo alimentos aproveitados integralmente. Todas as preparações obtiveram resultados superiores a 90% de aprovação entre os provadores.

Para que o aproveitamento integral dos alimentos seja possível, é necessário uma mudança de paradigmas na população através da redução do desperdício em todas as etapas do processamento e especialmente no consumo caseiro e industrial. A população deve enxergar todo o alimento como fonte nutritiva e não como "lixo".

Dessa forma é essencial buscar alternativas alimentares para a oferta de produtos oriundos de partes de alimentos de grande valor nutritivo, que são usualmente descartados, visto que estudos comprovam sua qualidade nutricional, contribuindo também na redução significativa de resíduos gerados em função do desperdício.

REFERÊNCIAS

BADAWI, C. **Estratégia curricular em marketing da nutrição**. São Paulo – USP, 2009. Disponível em: http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/sugestoes_atividades_pdf/aproveitamento_alimentos.pdf. Acesso em: 20/05/2019.

BANCO DE ALIMENTOS E COLHEITA URBANA. **Aproveitamento de Integral de Alimentos**. Rio de Janeiro: SSC/DN, 2003. 45 p.

BILSKA, B.; WRZOSEK, M.; KOLOZYN-KRAJEWSKA, D.; KRAJEWSKI, K. Risk of food losses and potential of food recovery for social purposes. **Waste Management**, v.52, p.269-277, 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n°. 216, de 15 de setembro de 2004. **Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação**. Brasília, DF: ANVISA, 2004. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/e-legis/. Acesso em: 12/06/2019.

FAO. **Food Wastage Footprint – Impact on Natural Resources**. 2013. Disponível em: http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf. Acesso em: 25/06/2019.

FORTES, F.C.A.; SILVA, H.P.; SANTOS, R.C.; CUNHA FILHO, P.P.; OLIVEIRA, R.T. Pensando no futuro: alimentos desperdiçados na feira do produtor rural em Boa Vista/RR. *In:* VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 11, 2015, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Centro Universitário Metodista, 2015. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/XI-013.pdf. Acesso em 08 de jul. 2019.

HALLORAN, A.; CLEMENT, J.; KORNUM, N.; BUCATARIU, C.; MAGID, J. Addressing food waste reduction in Denmark. **Food Policy**, v.49, p.294–301, 2014.

LAURINDO, T. R.; RIBEIRO, K. A. R. Aproveitamento Integral dos Alimentos. **Interciência & Sociedade**, v. 3, n. 2, 2014.

OLIVEIRA, R. C., LIMA, D. E. S. **Fruta pão: uma alternativa alimentar**. *In:* VII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 09, 2007. **Anais [...]**. Recife: UFRPE, 2007. Disponível em: http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2007/index.asp. Acesso em 08 de jul. 2019.

OLIVEIRA, C. C. A. de et al. Aproveitamento integral dos alimentos: Contribuições para melhoria da qualidade de vida e meio ambiente de um grupo de mulheres da cidade do Recife-PE. *In:* XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA DOMÉSTICA, 09, 2009. **Anais [...]**. Fortaleza: UFC, 2009. Disponível em: http://www.xxcbed.ufc.br/arqs/public/t_07.pdf. Acesso em 08 de jul. 2019.

PROENÇA, R.P.C.; SOUSA, A.A.; VEIROS, M.B.; HERING, B. **Qualidade nutricional e sensorial na produção de refeições**. Florianópolis: UFSC; 2005.

SILVA, M. B. de; RAMOS, A. M. Composição química, textura e aceitação sensorial de doces em massa elaborados com polpa de banana e banana integral. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.5, p. 551-554, 2009.

ÁRVORE DE FALHAS APLICADA AO PROCESSO DE GESTÃO - INSTRUMENTOS DA POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL

Cícero Fellipe Diniz de Santana [1]
Virgínia da Costa Brito[2]
Wilson Fadlo Curi [3]
Aline Pessoa Bezerra [4]

RESUMO

A Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA tem como objetivo preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida, para isto, faz-se necessária a utilização dos instrumentos da política ambiental que auxiliem no processo de melhoramento do meio. Esses instrumentos permitem a realização de uma gestão ambiental eficaz, promovendo o desenvolvimento socioeconômico com o menor impacto sobre o meio, de maneira sustentável. Cabe aos órgãos gestores definir os estudos técnicos necessários às atividades potencialmente poluidoras, além de serem responsáveis pela implantação, execução e fiscalização destes. O presente artigo apresenta uma aplicação de Análise de Riscos por meio do método de árvore de falhas como uma ferramenta importante na análise de sistemas, sendo o trabalho contextualizado por revisões bibliográficas que mostram os desafios na implantação dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Foram identificadas as probabilidades de acontecimentos das falhas de cada evento até se obter a probabilidade de falha do evento topo. Os resultados obtidos com a aplicação da metodologia mostraram a fragilidade do sistema como um todo, necessitando de correções nos seus instrumentos para que a gestão ambiental no Brasil seja melhor estruturada e que políticas públicas estejam voltadas para garantia do cumprimento de todos os instrumentos que constituem a política ambiental brasileira.

Palavras-chave: Política Nacional do Meio Ambiente; Instrumentos; Gestão Ambiental; Árvore de Falhas; Fragilidade do Sistema.

INTRODUÇÃO

A gestão ambiental estuda o exercício de atividades econômicas e sociais, buscando o uso dos recursos naturais de maneira sustentável, como por exemplo, utilização de energias renováveis, criação e conservação de áreas de proteção permanente, técnicas para recuperação

[1] Doutorando do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, cicero.esa@hotmail.com
[2] Mestre do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, virginia.dcb@gmail.com;
[3] Doutor do Curso Systems Design Engineering da University of Waterloo, U.WATERLOO, Canadá, wfcuri@yahoo.com.br;
[4] Mestre do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, aline.p.bezerra@hotmail.com.

de áreas degradadas, prática do reflorestamento, exploração sustentável dos recursos naturais, e o estudo de riscos e impactos ambientais para a avaliação de novos empreendimentos.

Com a crescente globalização e industrialização, a prática da gestão ambiental ganha mais ênfase quando introduzida no planejamento empresarial, buscando a redução de custos diretos como a diminuição do desperdício dos recursos cada vez mais escassos. Um exemplo prático de políticas para a inserção da gestão ambiental em empresas é o princípio do poluidor-pagador. Este princípio é uma norma do direito ambiental que consiste no poluidor arcar com os custos da reparação do dano por ele causado ao meio ambiente.

De acordo com Almeida (2010), no ano de 1981 surgiu a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA com o objetivo ainda não totalmente alcançado de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida. São vários os princípios desta política de acordo com o art. 2º da Lei nº 6.938/81, destacando-se o da educação ambiental a todos os níveis de ensino, pois é de suma importância que a sociedade tenha consciência de seus atos contra a natureza para que possam tomar medidas para prevenir os danos ambientais. Infelizmente as políticas públicas para preservação do meio ambiente no Brasil sempre foram defeituosas e insuficientes em sua aplicação, execução e fiscalização.

A partir da ECO-92, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em junho de 1992 na cidade do Rio de Janeiro, o meio ambiente começou a fazer parte de uma rotina de estudos e discussões devido ao descaso da sociedade na conservação de seus recursos, o que culminou com a consagração do direito ambiental.

> O arsenal de instrumentos disponíveis para o desenvolvimento de políticas públicas de meio ambiente é, atualmente, bastante extenso: inclui licenças, taxas, subsídios, estabelecimento de padrões, acordos voluntários, sistemas de informação e zoneamentos, entre outros. Cada um destes instrumentos possui diferentes características e particularidades – vantagens e desvantagens, bem como custos de implementação (*enforcement)* – que devem ser conhecidos e explicitados, tendo-se em vista uma escolha bem informada sobre as alternativas disponíveis (MOURA, 2016).

Diante disto, o objetivo deste trabalho é analisar as falhas presentes nos instrumentos da PNMA utilizando uma ferramenta de Análise de Riscos, que deverá ser útil para a comunidade acadêmica e gestores públicos responsáveis pela gestão ambiental. Essas falhas foram classificadas e analisadas de acordo com a tipologia do instrumento de política ambiental, podendo-se assim verificar os problemas presentes na sua implantação, execução e fiscalização.

METODOLOGIA

A árvore de falhas é uma das técnicas de avaliação de risco. Segundo Carmo *et al.* (2008), a avaliação de risco é um processo orientado para a quantificação da perda máxima provável que dele possa decorrer, ou seja, da quantificação da probabilidade de ocorrência desse risco e de suas consequências e/ou gravidades.

De acordo com Carneiro (2011), árvore de Falhas consiste em uma técnica lógica e dedutiva que se utiliza de uma representação gráfica da interação de todas as possíveis falhas com o evento topo. A construção da árvore segue um processo inverso, em termos cronológicos, pois partindo do evento topo (o resultado final) buscam-se as causas do evento.

A árvore de falhas é feita a partir de um diagrama com sucessivas bifurcações, com o desenvolvimento de uma falha particular do sistema (efeito), chamada de evento topo, e falhas básicas (causas), denominadas eventos primários.

Os operadores podem ser do tipo "OU" ou do tipo "E". O do tipo "OU" é utilizado, quando a ocorrência isolada de qualquer um dos eventos básicos resulta na ocorrência do evento topo. O operador do tipo "E" por sua vez, é utilizado quando a ocorrência do evento topo é gerada pela ocorrência de um evento básico em coexistência com outro evento básico ou mais eventos. Eles definirão se os cálculos da probabilidade serão baseados em um processo de união ou interseção.

Os símbolos mais utilizados são os retângulos, que representam a identificação de um evento em particular, topo ou contribuinte e os círculos que representam as falhas primárias ou básicas. Por meio da análise do método, será possível identificar a probabilidade de ocorrência de falhas nos eventos intermediários, que no caso são os instrumentos da PNMA, bem como a probabilidade do evento topo ocorrer.

MATERIAL

Os instrumentos tomados como base para a elaboração da árvore de falhas foram classificados (Tabela 1) de acordo com as três tipologias apresentadas a seguir, os quais, segundo Moura (2016), podem ser classificados em quatro tipos principais, embora sejam comuns também instrumentos híbridos, com características presentes em mais de uma tipologia:

i) Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C): são instrumentos que estabelecem punições ou sanções para as condutas em desacordo. Os principais tipos de instrumento reguladores utilizados mundialmente são os padrões, as licenças e o zoneamento.

ii) Instrumentos econômicos (IEs) – de mercado ou incitativos: direcionam e incentivam indiretamente comportamentos favoráveis ao meio ambiente, por meio de custos ou benefícios associados às alternativas de ação.

iii) Instrumentos voluntários e de cooperação: Essa categoria abrange os diversos instrumentos de caráter voluntário e de cooperação entre os entes envolvidos, tais como: contratos negociados, compromissos e acordos voluntários, autorregulação voluntária e instrumentos de cooperação interinstitucional.

iv) Instrumentos de informação: buscam orientar, influenciar ou persuadir os agentes públicos ou privados a atuarem de forma benéfica ao meio ambiente, por meio da disponibilização de informações e da disseminação de valores favoráveis ao meio ambiente. Baseiam-se na produção e na divulgação de dados sobre qualidade e gestão ambiental, estudos, avaliações, diagnósticos, materiais didáticos e conhecimento científico.

De acordo com o Art. 9º da Lei nº 6.938/1981 - São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente:

> I - o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
> II - o zoneamento ambiental; (Regulamento)
> III - a avaliação de impactos ambientais;
> IV - o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
> V - os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;
> VI - a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas; (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989)
> VII - o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;
> VIII - o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
> IX - as penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental.
> X - a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989)
> XI - a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes; (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989)
> XII - o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais. (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989)
> XIII - instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros. (Incluído pela Lei nº 11.284, de 2006)

Tab. 1 – Tipologia dos Instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente

INSTRUMENTOS	TIPOLOGIA
I	Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C)
II	Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C)
III	Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C)
IV	Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C)
V	Instrumentos econômicos (IEs) – de mercado ou incitativos
VI	Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C)
VII	Instrumentos de informação
VIII	Instrumentos de informação
IX	Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C)
X	Instrumentos de informação
XI	Instrumentos de informação
XII	Instrumentos de informação
XIII	Instrumentos econômicos (IEs) – de mercado ou incitativos

Fonte – Autores

Falhas encontradas nos instrumentos da PNMA

I - Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental

O objetivo desse instrumento é estabelecer o limite máximo dos padrões de qualidade ambiental, como os níveis ou graus de qualidade dos elementos (ar, água, solo e ruídos). Estes padrões são estabelecidos no Brasil por Resoluções do CONAMA.

De acordo com Moura (2016), um dos desafios relativos à qualidade ambiental se refere ao fato de que os padrões tratam, geralmente, de níveis individuais de lançamento ou emissão de poluentes e resíduos por fontes, e não de níveis totais que seriam tolerados, antes de se atingir a capacidade de suporte do meio ambiente ou os níveis de saturação admissíveis à saúde humana.

Segundo Agra Filho (2008), a problemática ambiental se origina dos usos conflitantes gerados, tanto pelas diversas demandas da sociedade em relação a um determinado recurso ou sistema ambiental, quanto pelas próprias alterações das condições ambientais.

II - Zoneamento Ambiental

O objetivo geral do zoneamento é, a partir da importância ecológica, das limitações e fragilidades dos ecossistemas e através de restrições e vedações, organizar de forma vinculada a distribuição espacial das atividades econômicas e apresentar alternativas de exploração do

território. Assim, o poder público é quem tem competência para promover o desenvolvimento com sustentabilidade.

Sua finalidade é exercer um controle espacial das atividades, porém com o crescimento desenfreado das grandes cidades e a falta de fiscalização adequada, fica difícil fazer valer as regras estipuladas pela legislação (VARELA, 2007).

> O zoneamento ecológico-econômico (ZEE), instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente regulamentado pelo decreto nº 4.297/2002, tem sido utilizado pelo poder público com projetos realizados em diversas escalas de trabalho e em frações do território nacional. Municípios, estados da federação e órgãos federais têm executado ZEEs e avançado na conexão entre os produtos gerados e os instrumentos de políticas públicas, com o objetivo de efetivar ações de planejamento ambiental territorial (MMA, 2017).

Alguns aspectos dificultam a implementação do ZEE, dentre os quais, citam-se: este método se refere apenas a pressupostos; ocorrem falhas de comunicação junto à comunidade diretamente afetada; há ausência de relações interinstitucionais para sua implementação; falta de negociações com os setores políticos e econômicos; carência de mecanismos efetivos para a resolução de conflitos (LEITE, 2001), como também é uma atividade complexa e custosa por necessitar de atualizações frequentes nos diagnósticos.

III - Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

Bursztyn & Bursztyn (2013), entendem que:

> A AIA vem sendo aplicada nos processos de licenciamento de maior impacto ambiental, para os quais este estudo é exigido. Contudo, ainda existe a necessidade de aperfeiçoamentos na aplicação do instrumento, visando-se superar deficiências – tais como a falta de qualidade técnica em alguns estudos realizados e a ausência de diretrizes e manuais apropriados para sua realização, com procedimentos padronizados.

A avaliação da capacidade de suporte ambiental é outro instrumento ainda pouco utilizado no Brasil. Este conceito refere-se ao nível de utilização dos recursos naturais que um sistema ambiental pode suportar, garantindo-se a sustentabilidade de tais recursos e o respeito aos padrões de qualidade ambiental. Pode-se dizer que a capacidade suporte de um recurso foi ultrapassada a partir do momento em que ele começa a ser consumido mais rapidamente do que sua capacidade de recuperação. Esta ferramenta poderia auxiliar o processo de licenciamento ambiental, ao ampliar o estudo do impacto ambiental, visto que a análise individual das atividades é limitada.

Segundo Moura (2010), referente às auditorias ambientais, muitas das leis estaduais estabelecidas ainda não vêm sendo aplicadas por falta de regulamentação. No nível federal,

foi proposto o Projeto de Lei (PL) nº 1.254/2003 sobre as auditorias ambientais e a contabilidade dos passivos e ativos ambientais, o qual buscava colocar a auditoria como um dos instrumentos da PNMA. Contudo, este PL encontra-se arquivado devido, principalmente, a pressões contrárias à proposta por parte do setor industrial

IV - Licenciamento e revisão de atividades poluidoras

Diante do cenário atual de poluição ambiental, a preocupação com a sustentabilidade ganhou destaque na atualidade principalmente no ramo empresarial, o qual foca na produção de forma sustentável. Cabe ao poder público exercer a função de fiscalizador das atividades poluidoras dessas empresas. Essa intervenção do Poder Público nas atividades empresariais se dá por meio do licenciamento ambiental, assegurando que obras e empreendimentos sejam realizados de maneira que os recursos ambientais sejam utilizados de maneira sustentável. Porém, é um processo excessivamente burocrático, caro, que atrasa a conclusão de inúmeras e essenciais obras de infra-estrutura.

> Um dos problemas gerais na implementação do licenciamento é que este foi desenhado, inicialmente, para empreendimentos de grande porte, principalmente os industriais. Contudo, ao longo do tempo, o instrumento foi estendido a todos os setores – independentemente do porte –, causando distorções. Tal situação gera demanda crescente de licenciamento de empreendimentos de pequeno e médio porte, que geralmente se acumulam e formam enorme "passivo" de licenças ambientais não concedidas, visto que os órgãos ambientais licenciadores não conseguem fazer frente à crescente demanda (MOURA, 2016).

Segundo Antunes (2000), a competência é um dos conflitos mais graves do licenciamento ambiental, já que não existe um sistema claro de repartição de competência. Com dois entes federativos em conflito, no que refere a competência para licenciar uma atividade que se encontra sob a responsabilidade do outro, ou ainda quando para eximir-se de uma responsabilidade, aquele que se encontra responsável pelo licenciamento ambiental entende que a competência para licenciar é do outro.

Assunção (2006), diz que além da competência, outro grande entrave, são os problemas políticos, técnicos e operacionais no licenciamento ambiental. No que se refere aos politicos: a dependência do órgão ambiental de recursos financeiros do governo, que são cada vez mais insuficientes; e, a pressão política que é praticada, quando empreendimentos de interesse do governo ou de instituições governamentais são submetidas ao licenciamento ambiental.

> O TCU (Tribunal de Contas da União) aprovou, em setembro de 2009, um relatório no qual apontou falhas em licenciamentos ambientais concedidos

> pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). De acordo com o relatório, a fase de acompanhamento de riscos e impactos ambientais das obras é considerada, pelo IBAMA, menos importante que os recursos despendidos no processo de licenciamento. Verifica-se que muito cuidado é destinado à elaboração de um EIA e à exigência de que o projeto agrupe um amplo programa de mitigação de impactos, entretanto, aprovado o projeto, há um empenho pequeno em conferir se ele foi realmente implantado conforme o prescrito e se as medidas mitigadoras alcançaram a finalidade da proteção ambiental (TCU, 2008).

Braga (2010) afirma que há uma corrente de pensamento que considera o licenciamento ambiental um instrumento sem efetividade para a proteção do meio ambiente. Existem falhas no desenho institucional dos órgãos ambientais que impedem ou dificultam que seja criado e mantido um conjunto de normas jurídicas efetivas para o licenciamento ambiental. Essas falhas, muitas vezes são decorrentes da descentralização de poderes, refletida pela grande quantidade de órgãos ambientais; o que pode resultar na demora do processamento de investigação e penalização dos infratores.

V - Incentivos à produção e instalação de equipamentos e à criação ou absorção de tecnologia voltadas para a melhoria da qualidade ambiental

São numerosas as políticas de incentivos ao desenvolvimento de tecnologias mais limpas voltadas para melhoria ambiental. A título de exemplo, pode ser citada a Lei nº 6.938/1981, em seu artigo 2º, inciso VI, que visa incentivar a adoção de processos produtivos menos prejudiciais ao meio, que previnam a poluição e a degradação ambiental. Segundo Faria *et al*. (2009), diante de uma crescente preocupação ambiental, percebe-se a necessidade de mensurar os efeitos causados na aplicação de ativos ambientais, ou seja, os efeitos provenientes de investimentos de recursos econômicos no que se refere à insumos em geral, bem como investimentos em máquinas, equipamentos e instalações visando diminuir os impactos ambientais. Para que isso ocorra, se faz necessários investimentos na inovação tecnológica para melhoria das pesquisas ambientais, como também incentivos fiscais para que as empresas busquem alternativas de produção menos impactantes para o meio ambiente.

VI - A criação de espaços territoriais especialmente protegidos

De acordo com a Constituição Federal de 1988, cabe ao poder público definir, em todas as unidades da federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos a fim de assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

> Os desafios na gestão de UCs podem ser sintetizados nos seguintes pontos: falta de efetiva implantação e regularização fundiária em muitas unidades criadas – questão que envolve grande volume de recursos e tem sido tratada com pouca prioridade; distribuição bastante desigual das áreas protegidas pelos biomas brasileiros – existem alguns biomas, como a caatinga, sub-representados; parte significativa da área total de UCs corresponde às áreas de proteção ambiental (APAs) – categoria com baixos níveis de restrição de uso, o que gera dúvidas sobre a efetividade do sistema que está sendo constituído; baixa prioridade orçamentária do Executivo federal, no MMA (Ministério do Meio Ambiente) e no ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), para a consolidação e a gestão das UCs – a maioria ainda não possui planos de manejo ou conselhos gestores. Muitos recursos poderiam advir da execução da compensação ambiental prevista na Lei do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza) para a exploração comercial de produtos ou serviços de uma UC e, ainda, do potencial pouco explorado de geração de receitas próprias (ROMA *et al.*, 2010).

VII - O Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente

O SINIMA é um dos instrumentos da Política Nacional da Meio Ambiente, previsto no inciso VII do artigo 9º da Lei nº 6.938/81.

> O referido sistema é considerado pela Política de Informação do Ministério do Meio Ambiente como a plataforma conceitual baseada na integração e compartilhamento de informações entre os diversos sistemas existentes ou a construir no âmbito do SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), conforme Portaria nº 160 de 19 de maio de 2009. Ao lado do exposto, o SINIMA é o instrumento responsável pela gestão da informação no âmbito do SISNAMA, de acordo com a lógica da gestão ambiental, compartilhada entre as três esferas de governo (VERDAN, 2016).

De acordo com Moura (2016), o SINIMA ainda está em processo de estruturação e não proporcionou aos órgãos ambientais e à coletividade todos os benefícios vislumbrados pelo legislador quando de sua instituição. O sistema ainda enfrenta dificuldades de acessibilidade e continuidade e naquilo que seria seu papel principal: estruturar um sistema acessível por qualquer interessado, com informações, estatísticas e indicadores sobre qualidade e gestão ambiental, sistematizadas e atualizadas periodicamente, a partir de informações disponíveis em bancos de dados estaduais e federais.

VIII - Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental

O Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA foi instituído para registro obrigatório de pessoas físicas ou jurídicas que se

dedicam à consultoria técnica sobre problemas ecológicos e ambientais destinados ao controle de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras e de consultorias sobre problemas ecológicos e ambientais, além de gerenciamento de resíduos sólidos.

Segundo Bursztyn e Bursztyn (2013), de acordo com o IBAMA, a inscrição no CTF/AIDA não implica certificação de qualidade de profissionais ou empresas inscritas. Dessa forma, como não há a avaliação técnica dos trabalhos dos profissionais e dos serviços das empresas, o instrumento perde muito de seu propósito e tende a ser mais um mecanismo cartorial, de legitimação, do que de aferição de competências e responsabilidades.

> Ressalta-se que o cadastro de atividades com potencial de degradação ambiental é uma forma de definir políticas públicas, tanto no âmbito da defesa ambiental quanto do reconhecimento de regiões com aptidão para o desenvolvimento, baseando-se nas especificidades locais e na exploração de um determinado recurso. A organização de um sistema eficiente de cadastro de empreendimentos utilizadores de recursos florestais estimula uma ação conjunta dos órgãos e demais setores da sociedade, envolvidos direta ou indiretamente nas questões ambientais, e a definição de medidas de controle ambiental, a fim de subsidiar, orientar e definir políticas de gestão socioeconômicas em alicerces ambientalmente seguros (CUNHA e BORGES, 2010).

IX - Penalidades disciplinares ou compensatórias às condutas lesivas ao meio ambiente

As atribuições da fiscalização ambiental consistem em desenvolver ações de controle e vigilância destinadas a impedir o estabelecimento ou a continuidade de atividades consideradas lesivas ao meio ambiente. A Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/98) trata sobre a aplicação das penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental. Esta lei constitui um dos instrumentos da PNMA.

A aplicação do instrumento citado no Artigo 9°, Inciso IX (Lei 9.605/98), no qual são propostas penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental, em alguns casos, apresenta defasagem no sistema, em virtude de ações desarticuladas dos órgãos de fiscalização ambiental (MARÇAL, 2006).

> Um desafio inerente à aplicação da Lei de Crimes Ambientais é, sem dúvida, seu custo, pois exige complexa logística – principalmente em pessoal e equipamentos – para o desenvolvimento das atividades de monitoramento e fiscalização no exercício do poder de polícia, com o intuito de coibir as ações lesivas ao meio ambiente. Um trabalho exaustivo e complexo em um país com as dimensões territoriais brasileiras. A aplicação da lei também depende de eficiente atuação do Poder Judiciário, o qual, dadas algumas das imprecisões da lei e a complexidade da matéria ambiental – que envolve

diferentes campos da ciência –, se depara com verdadeiros desafios na aplicação deste direito (MOURA, 2016).

X - Relatório de Qualidade do Meio Ambiente (RQMA)

É um documento de publicação periódica, que tem como finalidade principal dar suporte técnico-científico ao processo de avaliação e tomada de decisões para formulação de políticas ambientais.

De acordo com Moura (2016), a elaboração do RQMA, que deveria ser anual, ainda tem recebido pouca prioridade à sua realização por parte das instituições responsáveis. Isto se deve ao fato de que a elaboração anual de tais relatórios requer uma equipe permanente responsável e, ainda, sistemas de monitoramento da qualidade ambiental para os diversos recursos naturais, que gerem relatórios sistemáticos anuais e possam ser consolidados para gerar o RQMA anual. Verificou-se que a elaboração do RQMA mais recente foi demorada devido a questões metodológicas: foi necessário reunir informações dispersas em várias instituições ou mesmo entre diferentes estudiosos que atuaram como colaboradores. Ainda que um bom nível de participação e consulta seja desejável, será necessário ao IBAMA aliá-lo a um mecanismo mais expedito para o seu processo de elaboração, sob pena de inviabilizar a missão de elaborá-lo anualmente, como a lei exige.

XI - A garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se o poder público a produzi-las quando inexistentes

O direito à informação é um dos principais direitos do cidadão, tanto que está previsto na Constituição Federal (CF). O Poder Público, de acordo com a CF, para garantir o meio ambiente equilibrado e sadio, deve exigir estudo prévio de impacto ambiental para obras ou atividades causadoras de significativa degradação do meio ambiente, o qual deverá dar publicidade. Na Lei 6.938/81, Art. 4º, Inciso V, há o decreto que prevê a divulgação de dados e informações ambientais para a formação de consciência pública sobre a necessidade de preservação qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico, e a garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se ao Poder Público produzi-la, quando inexistentes.

Raras são as preocupações em se criar sistemas de informações compartilhadas, e nesse contexto, observa-se a carência de transversalidade na gestão da informação ambiental, que por sua vez, necessita de dinâmica multidisciplinar (ROSSI, 2009).

Machado (2006) afirma que a disponibilização das informações é tratada claramente para governo e entre governantes, e nesse caso, o público é prejudicado. Como se isso não bastasse, algumas restrições de acesso a informação são justificadas por questões de interesses particulares.

De acordo com Quintanilha (2013), a denominada "transparência ativa" – na qual os próprios órgãos disponibilizam informações para o público em geral – ainda se mostra insatisfatória, como atesta estudo sobre a implantação da LAI – Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011), no qual foram analisados mais de 140 pedidos de informação, no balanço de um ano da vigência da lei. Em muitos casos, a transparência ativa simplesmente não existe, ou seja, o portal na internet não funciona ou não possui a informação mínima exigida pela lei.

Nesse sentido, considerando a possível não aplicação deste instrumento da política ambiental brasileira, se remeteria uma deficiência na operação dos demais instrumentos, configurando uma desestruturação dessa política pública, o que pode implicar em evidentes danos ao bem jurídico em questão, principalmente danos ao meio ambiente (BARROS, *et al*. 2012).

XII - O Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ ou Utilizadoras dos Recursos Ambientais

O Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras dos Recursos Ambientais (CTF/APP), visa disponibilizar informações acerca dos níveis atuais de poluição e da utilização dos recursos naturais que subsidiarão ações de planejamento, monitoramento e controle dos danos ao meio ambiente, o que é deficitário. Existem poucos estudos sobre a efetividade do uso do CTF/APP, bem como sobre a utilização dos relatórios anuais de atividades encaminhados pelas empresas. De acordo com Bursztyn e Bursztyn (2013), embora obrigatório, o cadastro não vem conseguindo inibir o funcionamento de empresas clandestinas que exploram os recursos naturais ou daquelas consideradas de alto risco ambiental.

XIII - Instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros

Segundo Moura (2016), entre os desafios a serem superados no emprego destes instrumentos, estão os expostos a seguir:

1) Normalmente, os IEs demandam base consistente de dados e informações, o que nem sempre é simples e isento de custos. Por exemplo, as CPS (Compras Públicas Sustentáveis) exigem a descrição e a catalogação de materiais considerados ambientalmente favoráveis para processo licitatório. Já a implementação do ICMS Ecológico demanda base de dados atualizada periodicamente, de acordo com o critério adotado – por exemplo, criação e gestão de UCs (Unidades de Conservação) – para a repartição dos benefícios para os municípios.
2) Existe a necessidade de fortalecer a estrutura jurídica e de regulamentação que permita a aplicação de alguns instrumentos. Por exemplo, o PSA (Pagamentos por Serviços Ambientais) e o mecanismo de REDD (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) ainda necessitam de regulamentação adequada.
3) Mercados competitivos – por exemplo, no caso das CPS, é fundamental que o setor produtivo esteja preparado para oferecer produtos adequados que atendam às licitações sustentáveis.
4) Capacidade administrativa – os IEs exigem do poder público não apenas a capacidade de criar, mas também de gerenciar adequadamente o instrumento, controlar sua aplicação e atualizá-lo, quando necessário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicação da Árvore de Falhas

Fazendo uso da Tabela 1, foi feita uma listagem com as falhas encontradas bibliograficamente nos instrumentos da PNMA. Os grupos foram divididos de acordo com os principais instrumentos de gestão ambiental. Para sintetizar a árvore de falhas, foi feita a codificação dos elementos, conforme a Equação 1, onde os níveis da árvore foram divididos entre as letras A (primário), B (secundário), C (terciário) e D (quaternário), podendo ser subdivididos numericamente n vezes.

$$Código = \{A[n] + B[n] + C[n] + D[n]\} \quad \text{Eq. 1}$$

As Figuras 1 e 2 apresentam a árvore de falhas decodificada dividida pelas três falhas do nível primário. E a Tabela 2 traz as informações necessárias para o entendimento dos elementos presentes nas figuras.

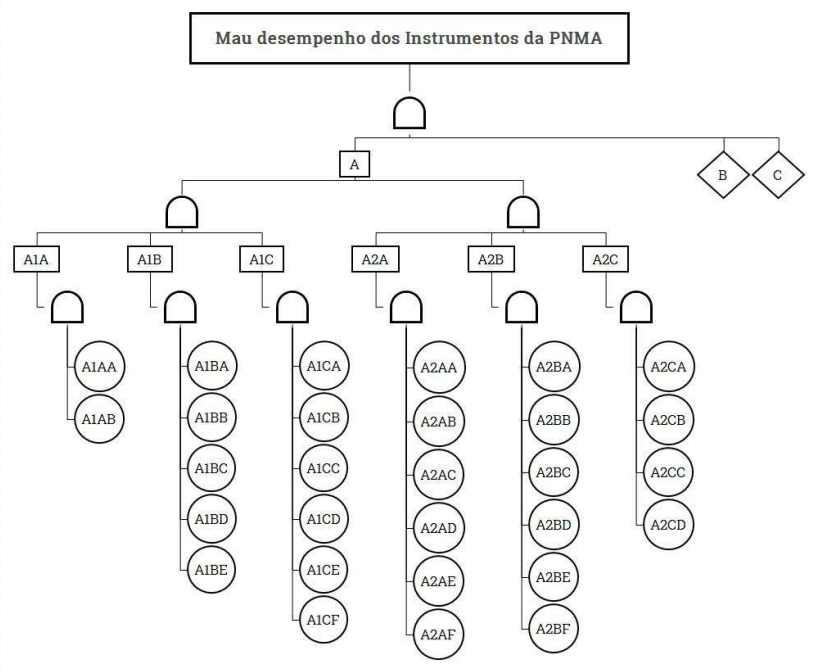
Tab. 2 – Códigos das falhas presentes nas árvores de falhas

TOPO	Mau desempenho dos Instrumentos da PNMA
A	Instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C)
A1A	Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental
A1AA	Análise dos níveis totais tolerados
A1AB	Interação para os padrões dos recursos naturais
A1B	Zoneamento ambiental
A1BA	Fiscalização dos processos
A1BB	Manutenção dos processos
A1BC	Cumprimento à implantação dos ZEEs
A1BD	Negociação dos conflitos entre agentes envolvidos
A1BE	Fiscalização do poder público para os planos municipais
A1C	Avaliação de impactos ambientais
A1CA	Claro sistema de repartição de competências
A1CB	Equipe técnica especializada
A1CC	Qualidade técnica em alguns estudos
A1CD	Diretrizes para aplicação do instrumento
A1CE	Avaliação da capacidade suporte ambiental
A1CF	Auditorias ambientais e participação popular
A2A	Licenciamento ambiental
A2AA	Atendimento da demanda das licenças
A2AB	Fiscalização do processo
A2AC	Revisão do empreendimento
A2AD	Conflitos de competência
A2AE	Lei para regulamentação do instrumento
A2AF	Distinção entre os portes dos empreendimentos
A2B	Criação de espaços territoriais especialmente protegidos
A2BA	Efetiva implantação e regularização fundiárias
A2BB	Distribuição desigual das áreas protegidas
A2BC	UC's correspondendo à APAs
A2BD	Baixo incentivo orçamentário
A2BE	UC's sem planos de manejo ou conselhos gestores
A2BF	Alto custo para monitoramento de atividades lesivas
A2C	Penalidades disciplinares ou compensatórias às condutas lesivas a meio ambiente
A2CA	Trabalho complexo e por vezes falho
A2CB	Profissionais da área no âmbito jurídico
A2CC	Investimentos para evitar delitos
A2CD	Educação ambiental
B	Instrumentos econômicos (IEs) – de mercado ou incitativos
BA	Incentivos à produção e instalação de equipamentos e à criação ou absorção de tecnologia voltadas para a melhoria da qualidade ambiental
BAA	Investimentos financeiros para inovação tecnológica
BAB	Incentivos fiscais para empresas
BB	Instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros
BBA	Regulamentação para alguns instrumentos
BBB	Incentivo para produção de produtos sustentáveis
BBC	Falta de gerenciamento do instrumento
BBD	Falta de controle do instrumento
BBE	Falta de atualização do instrumento
C	Instrumentos de informação
CA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
C-A-A	Sisnima ainda em fase de estruturação
CAAA	Informações não atualizadas
CB	Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental
CBA	Avaliação técnica dos cadastrados
CBB	Informações atualizadas diariamente
CC	Relatório de Qualidade do Meio Ambiente
CCA	Prioridade por parte das instituições responsáveis

CCB	Altos custos envolvidos no processo
CCC	Equipe responsável
CCD	Sistemas de monitoramento
CD	Garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se o poder público a produzi-las quando inexistentes
CDA	Organização institucional
CDB	Monitoramento
CDC	Atendimento à LAI
CDD	Dificuldade de acesso à informação
CE	Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ ou Utilizadoras dos Recursos Ambientais
CEA	Funcionamento de empresas clandestinas
CEB	Acompanhamento das licenças

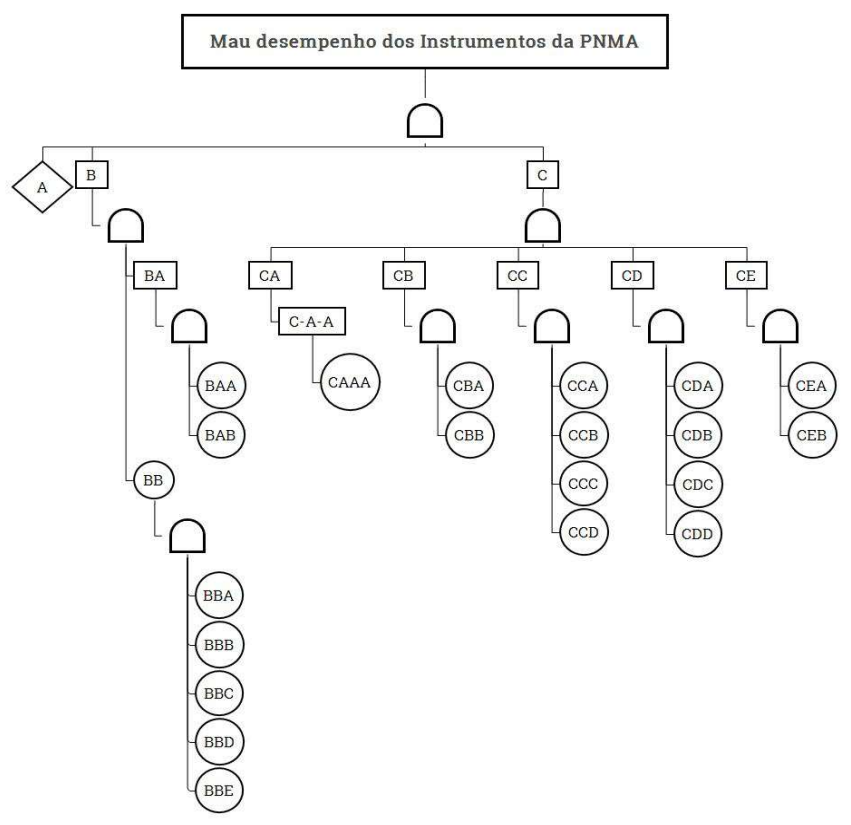
Fonte – Autores

Fig. 1 - Falhas nos Instrumentos de C&C



Fonte – Autores

Fig. 2 - Falhas nos Instrumentos Econômicos (IEs) e Instrumentos de Informação



Fonte – Autores

Identificação das probabilidades de falhas

A tabela a seguir, mostra a probabilidade de ocorrência de falhas nos instrumentos da PNMA, e também da ocorrência do evento topo.

Tab. 3 – Probabilidade de Falhas

Instrumentos	Quantidade de falhas	Probabilidades
I	2	0,04
II	5	0,1
III	6	0,12
IV	6	0,12
V	2	0,04
VI	7	0,14
VII	1	0,02
VIII	2	0,04
IX	4	0,08
X	4	0,08
XI	4	0,08

XII	2	0,04
XIII	5	0,1
TOTAL	**50**	**1**

Fonte – Autores

As probabilidades das falhas possibilitaram identificar as probabilidades de ocorrência de falhas nos instrumentos da PNMA e em seguida do evento topo.

Como a interação entre os elementos é do tipo "E" e o evento deste sistema é mutuamente dependente, ou seja, a ocorrência de um evento interfere na ocorrência do outro, o cálculo foi realizado como uma totalidade. Dessa forma, verifica-se que a probabilidade de ocorrência do evento topo é de 100%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As árvores de falhas apresentaram-se neste trabalho como uma ótima ferramenta para o conhecimento dos erros cometidos nos instrumentos de gestão da PNMA. O conhecimento das falhas de determinado sistema permite ao gestor identificar os pontos críticos de seu processo e assim, analisar e estudar correções para evitar que os problemas ocorram ou tornem a ocorrer.

Os dados levantados mostram a ocorrência de vários tipos de falhas, as quais foram agrupadas nos treze instrumentos de gestão da PNMA. Estes defeitos foram analisados e aplicados à metodologia da árvore de falhas, onde observou-se uma probabilidade de falha de 100% de ocorrência do evento topo (mau desempenho dos instrumentos da PNMA).

Percebeu-se que os maiores contribuintes para o resultado do evento topo são as falhas ocasionadas nos seguintes instrumentos: zoneamento ambiental, avaliação de impacto ambiental, licenciamento ambiental, criação de espaços territoriais especialmente protegidos e instrumentos econômicos (concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros). Desses maiores contribuintes para o evento topo, os quatro primeiros são classificados como instrumentos de C&C e o último como de IEs.

Ainda de acordo com as árvores de falhas, verifica-se que as falhas mais frequentes levando em consideração todos os instrumentos de gestão, foram conflitos de competência e falta de: fiscalização do poder público; monitoramento; incentivo orçamentário; manutenção dos processos; educação popular; e equipe técnica especializada, a qual traz consequências na qualidade técnica de alguns estudos e no atendimento à demanda destes. Sendo assim, torna-

se visível a quantidade de falhas que necessitam de uma maior atenção para que se possa verificar melhorias em seus processos de implantação, quando não implantado; execução, nos casos de haver implantação, mas não ser executado de forma correta; e a fiscalização destes instrumentos, que é de fundamental importância em qualquer processo de gestão.

REFERÊNCIAS

AGRA FILHO, S. S. **Conflitos ambientais e os instrumentos da política nacional de meio ambiente.** eGesta, Santos, v. 4, n. 2, p. 127-140. 2008.

ALMEIDA, I. N. **Política nacional do meio ambiente e educação ambiental: breve análise**. Âmbito Jurídico, v. Abr., p. N° 75, 2010. Disponível em: <http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7352>. Acesso em: 09/05/2017.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2000.

ASSUNÇÃO, Francisca Neta Andrade. **A Participação Social no Licenciamento Ambiental na Bahia: Sujeitos e Práticas Sociais.** Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BARROS, D. A.; BORGES, L. A. C. ; NASCIMENTO, G. O. ; PEREIRA, J. A. A. ; RESENDE, J. L. P. ; SILVA, R. A**. Breve análise dos instrumentos da política de gestão ambiental brasileira**. Política & Sociedade (Online), v. 11, p. 155-179, 2012.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Brasília: Congresso Nacional, 1981. Disponível em: <http://goo.gl/nT8LJm>. Acesso em: 02/05/2017.

BRASIL. **Constituição (1988).** Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BURZTYN, M. A.; BURSZTYN, M. **Fundamentos de política e gestão ambiental: caminhos para a sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Garamond, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/2eWNFe>. Acesso em: 20/05/2017.

CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos.** Revista Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, vol. 13, 2008. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n4/a11v13n4.pdf>. Acesso em: 14/05/2017.

CARNEIRO, F. C. S**. Avaliação de riscos: Aplicação a um processo de construção**. 2011. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Aveiro, Portugal, 2011.

CUNHA, S.; COELHO, M. C. **Política e gestão ambiental.** In: CUNHA, S. & GUERRA, A. (Orgs). A questão ambiental. Diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 248 p. 2003.

CUNHA, V. L. C. de M.; BORGES, L. A. C**. Cadastro de consumidores de matéria-prima de origem florestal do Ceará.** Revista Ambiência, Guarapuava, v. 6, n. 2, p. 323 – 336. 2010.

FARIA, R. C.; LUZ, F. J.; DIAS, L. M. A.; URBANAVICIUS JUNIOR, V. **A contabilidade como uma ferramenta para a gestão ambiental.** In: V Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 16p. 2009.

LEITE, C. M. C. **O zoneamento ecológico-econômico: impasse e perspectivas de um instrumento de gestão ambiental.** 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2001. Disponível em: <http://goo.gl/Udl3ZT>. Acesso em: 06/05/2017.

MACHADO, P. A. L. **Direito a informação e meio ambiente.** São Paulo: Malheiros. 288 p. 2006.

MARÇAL, C. **Licenciamento e fiscalização ambiental pelos consórcios públicos.** Dissertação (Mestrado). Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília. 211p. 2006.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico.** Brasília, 2017. Disponível em: http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial. Acesso em: 20/06/2017.

MOURA, A. M. M. **A auditoria ambiental como instrumento de políticas públicas no Brasil: análise e perspectivas**. *In*: ALVAREZ, A. R.; MOTA, J. A. (Org.). Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: Ipea, 2010. v. 7, p. 327-358. Disponível em: <http://goo.gl/8ksRZ7>. Acesso em: 20/05/2017.

MOURA, A. M. M**. Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas.** Organizadora: Adriana Maria Magalhães de Moura/ Brasília, 2016. Ipea. Cap 05. Disponível em: < http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=28192>. Acesso em: 05/05/2017.

QUINTANILHA, K. (Coord.). **Balanço de 1 Ano da Lei de Acesso à Informação Pública**. Relatório anual 2012/2013. São Paulo: Art. 19; Open Society Foundations, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/Bzpnmr>. Acesso em: 11/05/2017.

ROMA, J. *et al*. **O estado da biodiversidade – parte 2: biomas brasileiros**. *In*: ALVAREZ, A. R.; MOTA, J. A. (Org.). Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: Ipea, 2010. v. 7, p. 227-245. Disponível em: <http://goo.gl/I7CNx4>. Acesso em: 12/05/2017.

ROSSI, A. **A garantia da prestação de informações relativas ao ambiente como instrumento de gestão e de política ambiental no Brasil**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. 147p. 2009.

TCU. Tribunal de Contas da União. **Cartilha de Licenciamento Ambiental** / Tribunal de Contas da União; com colaboração do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. – 2ª ed. -- Brasília: TCU, 4ª Secretaria de Controle Externo, 2008. Disponível em: < http://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/cartilha-de-licenciamento-ambiental-2-edicao-1.htm >. Acesso em 11/05/ 2017.

VARELA, C. A. **Instrumentos de políticas ambientais, casos de aplicação e seus impactosvpara as empresas e a sociedade.** In: IX Encontro nacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, Curitiba, 15 p. 2007.

VERDAN, T. L.. **O Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente: Breves Linhas à Portaria nº 160/2009.** Âmbito Jurídico, v. 01, p. 01-30, 2016. Disponível em: < http://www.conteudojuridico.com.br/artigo,o-sistema-nacional-de-informacao-sobre-meio-ambiente-breves-linhas-a-portaria-no-1602009,54659.html>. Acesso em: 15/05/2017.

AS BACTÉRIAS E SUAS RELAÇÕES COM A SAÚDE HUMANA: O QUE PENSAM OS ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA?

Clécio Danilo Dias-da-Silva [1]
Lúcia Maria de Almeida [2]
Daniele Bezerra dos Santos [3]

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as concepções alternativas dos estudantes da educação básica a respeito das bactérias e sua relação com a saúde humana. A pesquisa foi desenvolvida com 30 alunos do 7º ano do ensino Fundamental II de uma instituição de ensino privada de Natal, RN. Foi utilizada a abordagem qualitativa com procedimentos da análise de conteúdo dos dados obtidos. Nesse contexto, utilizou-se como ferramenta de coleta de dados um questionário contendo perguntas abertas e a elaboração de desenhos. Os resultados encontrados na pesquisa demonstram que apesar da maioria dos estudantes apresentarem conhecimentos considerados condizentes com o que é cientificamente aceitável a respeito das formas e estruturas das bactérias, verifica-se que estes não conseguem relacioná-las a saúde humana, como por exemplo, diferenciar as doenças causadas pelas bactérias daquelas ocasionadas por outros microrganismos. Diante disto, espera-se que este trabalho sirva como ponto de partida para a proposição de novas estratégias para ensinar a conhecimentos sobre as bactérias de forma mais contextualizada e significativa.

Palavras-chave: Ensino Fundamental, Concepções Alternativas; Bactérias; Saúde Humana.

INTRODUÇÃO

Pesquisas na área da Educação em Ciências têm demonstrado que as concepções alternativas dos estudantes são de grande relevância para o processo de ensino e aprendizagem dos diversos temas explorados dentro da disciplina de Ciências. Neste processo, as concepções alternativas são entendidas como construções subjetivas individuais criadas para explicar os fenômenos naturais, sendo originadas de interações cotidianas dos indivíduos com o mundo que os cercam (POZO, 1987, POZO; CRESPO, 2009).

Segundo Cândido et al. (2015) estas concepções são construídas pelos estudantes a partir do nascimento e os acompanham até a sala de aula, onde os conceitos científicos são

[1] Mestre pelo Curso de Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, danilodiass18l@gmail.com.
[2] Doutora pelo Curso de Psicobiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Coordenadora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro Universitário UNIFACEX, lmalmeida05@gmail.com.
[3] Doutora pelo Curso de Psicobiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, daniele.bezerra@ifrn.edu.br.

inseridos na estrutura cognitiva do indivíduo. Corroborando com este pensamento, Teixeira (2012) afirma que, muitas fontes das concepções alternativas são, na melhor das hipóteses, especulativas. Para o autor, a visão de mundo do aluno é fortemente influenciada pelo seu ambiente social, contribuindo de forma direta para a formulação de conceitos fundamentados apenas no senso comum. Estes, na maioria das vezes, derivam da interpretação de novas experiências à luz das anteriores, sendo os novos conceitos impregnados em noções prévias (PAIVA; MARTINS, 2017). Os conhecimentos anteriores dos alunos interagem ativamente com os estudados formalmente na escola, criando um leque de resultados de aprendizagem não intencionais.

Para Araújo e Lobato (2013), o conhecimento das concepções alternativas dos estudantes é fato de grande importância para o planejamento das atividades pedagógicas, e também no processo de ensino e aprendizagem das Ciências. Estas concepções assumem o papel central, porque todo o trabalho realizado na aula deve fazer-se de tal modo que os estudantes sejam estimulados a apresentar, questionar, testar as suas ideias, para que as mesmas contribuam para uma aprendizagem mais satisfatória (SOUZA et al. 2016).

Conforme Carvalho et al. (2012), as concepções alternativas se constituem como uma fonte valiosa de informações sobre possíveis falhas nesse processo, permitindo que o docente avalie sua didática, e repense sobre seus métodos de ensino. Dessa forma, professor tem o dever de identificar, conhecer, compreender, e valorizar as concepções prévias de seus alunos para planejar e sistematizar a sua prática pedagógica, ao longo do estudo de um conteúdo/tópico (PAIVA; MARTINS, 2017).

Nesta perspectiva, a utilização de metodologias para identificar e analisar as concepções que os alunos trazem sobre determinado conteúdo, possibilita ao professor a partir deste diagnóstico, planejar melhor o processo de ensino-aprendizagem na perspectiva da aprendizagem significativa (TEIXEIRA, 2011; SOUZA et al., 2016). Desta forma, deve-se procurar identificar os conhecimentos prévios dos alunos, visando desconstruir as ideias errôneas sobre determinados assuntos, e ao mesmo tempo contribuir para interceder na introdução dos conceitos científicos (CASTRO; BEJARANO, 2013), reformulando saberes, mediante estratégias que sejam capazes de promover uma aprendizagem significativa, como proposto por Ausubel (2003).

Conforme Silveira, Oliveros e Araújo (2015), as diferentes concepções dos indivíduos aos aspectos relacionados com a saúde e a prevenção das doenças estão intimamente ligadas à cultura em que os estudantes estão inseridos, através da qual elas

interpretam o mundo. Esse fato intensifica a influência do cotidiano para o conhecimento científico assimilado pela estrutura cognitiva dos estudantes (BRUM, 2014; BRUM; SILVA, 2015).

No que diz respeito à microbiologia, verifica-se um amplo número de pesquisas realizadas propondo avaliar as concepções dos estudantes sobre as Bactérias (BEZERRA et al., 2009; SILVEIRA; OLIVEIROS; ARAÚJO, 2011; ARAÚJO; LOBATO, 2013; ARAÚJO; MEDEIROS, 2014; AZEVEDO; SODRÉ-NETO, 2014; CANDIDO et al., 2015; TOLEDO et al., 2015; SOUZA et al., 2016; OLIVEIRA, AZEVEDO; SODRÉ-NETO, 2016), entretanto, poucos estudos foram desenvolvidos visando identificar as concepções dos estudantes sobre as bactérias e suas implicações na saúde humana (ZOMPERO, 2009; BRUM, 2014; BRUM; SILVA, 2015). Nesse contexto, Zompero (2009), enfatiza a relevância de compreender como os indivíduos tecem relações entre os microrganismos e a saúde humana, uma vez que a compreensão de como ocorre estas relações podem contribuir para mudanças nos currículos escolares, e desenvolvimento de programas/projetos voltados à Educação para Saúde.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo analisar as concepções alternativas de estudantes do Ensino Fundamental II a respeito das bactérias e sua relação com a saúde humana, visando contribuir na proposição de novas estratégias pedagógicas para o ensino de ciências na educação básica.

METODOLOGIA

SUJEITOS E CONTEXTO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida com 30 alunos do 7º ano de uma instituição de Ensino localizado na Zona Norte de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. Considerando a natureza dos dados levantados, foi utilizada a pesquisa qualitativa com procedimentos da análise de conteúdo de Bardin (2011). De acordo com a autora, a análise do conteúdo consiste em um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores, quantitativos ou não, que permitam a inferência de conhecimentos.

LEVANTAMENTO DOS DADOS

Para o levantamento das possíveis concepções alternativas, foi requisitado dos alunos, que respondessem um questionário conforme o "entendimento" que eles apresentavam sobre as bactérias e a sua relação com a saúde humana (Quad. 1). Gil (2007) considera o questionário como uma técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são aplicadas aos sujeitos com o objetivo de buscar informações a respeito das crenças, sentimentos, valores, interesses e expectativas. De acordo com Marconi e Lakatos (2009) os questionários apresentam muitas vantagens, destacando-se entre elas: possibilitar a coleta de informações significativas de um grande número de indivíduos, permitir uma comparação precisa entre as respostas dos sujeitos, e, garantir o anonimato das respostas.

Quadro 1: Questionário diagnóstico utilizado para a coleta de dados.

Questionário – As bactérias e a saúde humana
1. Elabore um desenho que represente o seu conhecimento a respeito das bactérias.
2. Cibele reclamava muito de dor de dente, e, pediu a sua mãe para levá-la ao dentista. O dentista diagnosticou que Cibele estava com muitas cáries, as quais provocavam muita dor. A maneira correta de evitá-las seria uma melhor escovação, afirmou o dentista, o que ela não fez. Considerando estas informações, responda: a) O que existe na boca de Cibele que provocou as cáries? b) Por que a boa escovação teria evitado as cáries?
3. Agora, pense que você seja uma bactéria causadora de uma doença. Escreva: que tipo de doença você causaria nas pessoas?

Fonte: Adaptado de Brum (2014).

O tempo destinado para a resolução dos questionários e elaboração dos desenhos foi livre. Vale ressaltar que, não foram dadas explicações prévias dos assuntos para que isso não exercesse influência sobre o que os participantes, de fato, tinham como representações mentais sobre as Bactérias.

ANÁLISE DOS DADOS

Os desenhos elaborados pelos alunos foram analisados e categorizados em grupos para que fosse possível identificar o nível de compreensão em relação às bactérias. A classificação utilizada foi adaptada de Araújo e Medeiros (2014)(Quad. 2).

Quadro 2: Caracterização das categorias estabelecidas a partir da análise dos desenhos

Categorias	Características das categorias
Categoria A: Sem desenho	Os participantes deixaram a questão em branco.
Categoria B: Representações Escritas	Os participantes escreviam algo justificando os motivos para ausência/não elaboração de desenhos.
Categoria C: Concepções Alternativas e Erros Conceituais	Os desenhos não correspondiam aos as bactérias e/ou demonstravam algum tipo de equívoco conceitual sobre elas.
Categoria D: Representações Parciais	Os desenhos apresentavam alguma representação conceitualmente aceitável sobre as bactérias, como a forma, estruturas, ênfase no tamanho microscópico.

Fonte: Adaptado de Araújo e Medeiros (2014).

Visando verificar as concepções dos alunos, as questões abertas foram transcritas, codificadas e categorizadas, conforme os pressupostos de Bardin (2011). De acordo com a autora, a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação, e posteriormente, por reagrupamento segundo critérios previamente definidos.

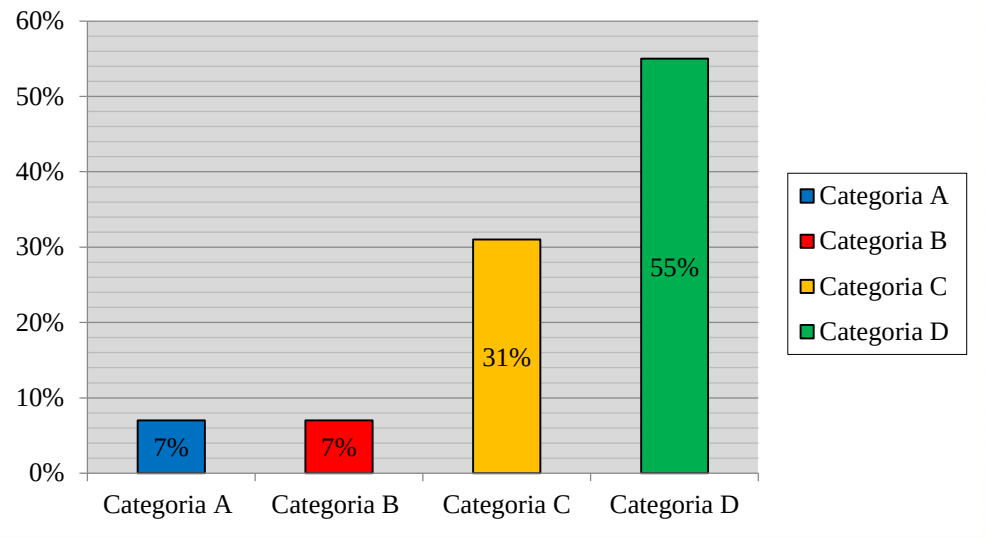
Os dados obtidos foram inseridos e agrupados em tabelas no aplicativo *Microsoft* Excel 2010. Foram calculados os percentuais das maiores tendências verificadas nas categorias analisadas, fazendo uma análise estatística descritiva de todo o material coletado. Dessa forma, foram identificadas as distribuições, determinando dessa forma, as prováveis tendências das categorias encontradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DOS DESENHOS

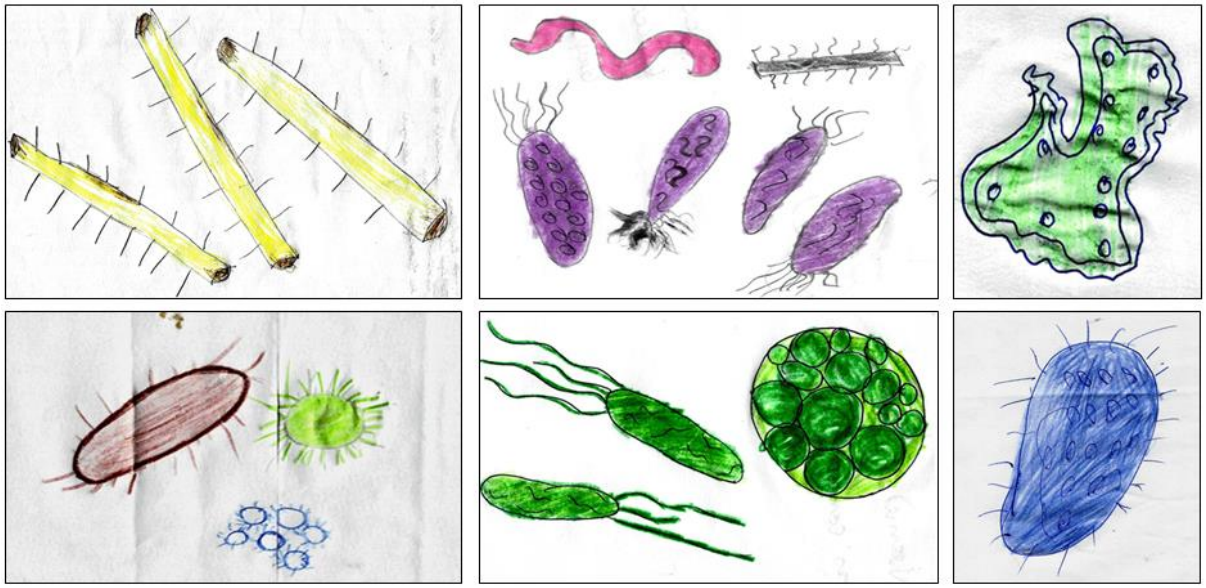
As concepções dos alunos sobre as bactérias obtidas por meio dos desenhos podem ser visualizadas na Fig. 1. Observou-se que a maioria dos desenhos elaborados foram incluídos na Categoria D (55%), que correspondem a representações parcialmente corretas, uma vez que os desenhos expuseram elementos aceitáveis a respeito das bactérias, como as formas (coco, bacilos, espirilos, células flageladas, etc.), estruturas (parede celular, flagelos, ribossomos, etc.) e tamanho, Fig. 2.

Figura 1: Análise geral dos desenhos elaborados pelos alunos a respeito das bactérias.



Legenda: Categoria A (Sem Desenho), Categoria B (Representações Escritas), Categoria C (Concepções Alternativas e Erros Conceituais), Categoria D (Representações Parciais).
Fonte: Os autores (2019).

Figura 2: Desenhos elaborados pelos alunos representando as bactérias incluídas na Categoria D.



Fonte: Os autores (2019).

Sete (7%) dos desenhos foram incluídos na Categoria A uma vez que os alunos não elaboraram nenhum desenho, e, 7% foram inseridos na Categoria B, na qual foram deixadas justificativas para a não realização do que havia sido solicitado no questionário. De acordo

com Bahar et al. (2008) apesar das vantagens na aplicação de desenhos para averiguar se existem concepções alternativas, a limitação pessoal na habilidade de desenhar de cada aluno pode influenciar bastante nos resultados, pois eles podem deixar de desenhar ou por não saberem expressar esse conhecimento ou por sentirem-se desestimulados a tentar. Esse fato pode ser constatado mediante as representações escritas/justificativas dos alunos para não elaboração dos desenhos, que foram:

> A1: "*Eu acho que já vi algumas, mas não estou lembrando como são as bactérias e não sei como desenhar elas*".
>
> A17: "*Não posso desenhar uma bactéria porque nunca vi uma e porque não pode ser vista a olho nu*".

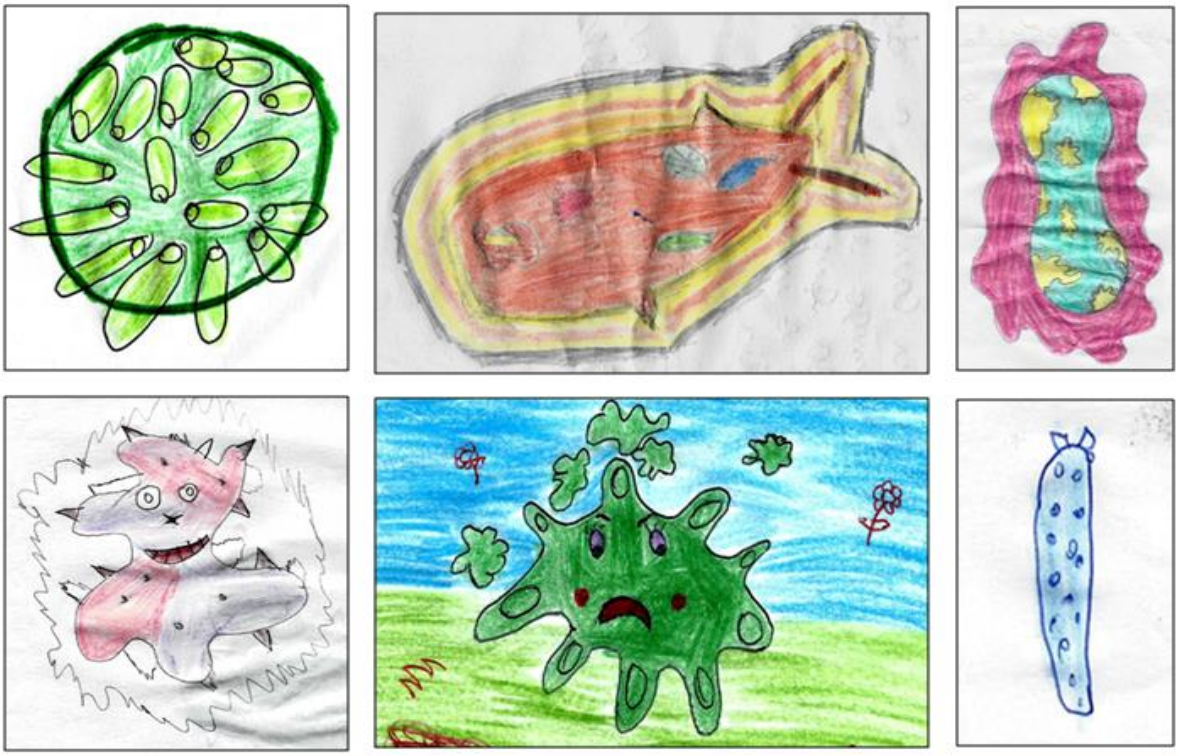
No entanto, o uso de desenhos e imagens podem refletir os modelos mentais e as representações cognitivas dos alunos, podendo reunir características, propriedades, e impressões de um objeto ou evento entendido, imaginado ou de um conceito abstrato (BUCKLEY; BOULTER; GILBERT, 1997; MOREIRA, 2002).

Trinta e um (31%) dos desenhos foram inseridos na Categoria C, porque, muitas representações não correspondiam às bactérias e/ou demonstravam algum tipo de equívoco conceitual sobre elas, Fig. 3. Dentro desta categoria, observou-se uma grande ocorrência de representações antropomórficas, na qual, as bactérias apresentavam olhos, boca e/ou nariz.

Acredita-se que a atribuição de características e comportamentos humanos aos diversos organismos (plantas, animais, fungos, bactérias, etc.) possivelmente está relacionado aos meios midiáticos (televisão, internet e jogos eletrônicos) que fazem parte do cotidiano dos estudantes que, pela tentativa de tornar os conteúdos mais atrativos, utilizam-se de uma personalização repleta de exageros, e, uso de atributos não condizentes aos aspectos biológicos dos diversos organismos presentes na biosfera. Corroborando com este pensamento, Ferreira e Dias-da-Silva et al. (2017) afirma que, o desconhecimento científico sobre os microrganismos possibilita que a mídia, o imaginário popular, e outras fontes de informação – distintas da educação científica formal – sejam as principais fontes de conhecimento sobre esses organismos para os alunos na educação básica, o que justifica a presença de erros conceituais e concepções alternativas nos desenhos elaborados. Resultados similares, foram encontrados por Medeiros (2012), Araújo e Lobato (2013),

Araújo e Medeiros (2014), Oliveira, Azevedo e Sodré-Neto (2016), ao realizarem análise das concepções dos estudantes a respeito dos microrganismos.

Figura 3: Desenhos elaborados pelos alunos representando as bactérias incluídas na categoria C.



Fonte: Os autores (2019).

Na educação básica, os conteúdos relativos aos conhecimentos das bactérias e suas relações com a saúde estão inseridos dentro da disciplina de ciências naturais e biologia, pesquisas apontam que estes conhecimentos muitas vezes são abordados de forma descontextualizada do cotidiano dos alunos, e sem conexão com as questões de saúde, meio ambiente e tecnologia, o que têm dificultado a aprendizagem (CASSANTI et al., 2008; KIMURA et al., 2013).

Muitos estudos apontam para a necessidade do desenvolvimento de estratégias ou situações que favoreçam a contextualização, compreensão e aprendizagem significativa sobre os microrganismos possibilitando aos estudantes perceberem no seu dia a dia a presença dos mesmos, sua relação com a saúde e meio ambiente (TOLEDO et al., 2015; SILVA, BASTOS, 2012).

ANÁLISE DAS QUESTÕES ABERTAS

Quando questionados sobre “o que existe na boca de Cibele que provocou as cáries”, verificou-se que a opção Vermes aparece como a categoria mais citada pelos alunos (47%), seguidos das categorias Bactérias (23%), Fungos (10%), Vírus (10%) e Comida Estragada (10%) (Quadro 3).

Quadro 3: Concepções dos estudantes acerca do que provocou as cáries em Cibele.

Categorias	Respostas dos estudantes	Frequência
Vermes	14	47%
Bactérias	07	23%
Fungos	03	10%
Vírus	03	10%
Péssima Escovação	03	10%
Total	**30**	**100%**

Fonte: Os autores (2019).

Estes dados foram encontrados também no estudo de Simonneaux (2000), no qual, os estudantes pesquisados mostraram-se confusos quanto à diferenciação entre bactérias e demais microrganismos. Nesse sentido, em trabalhos desenvolvidos por Bizerra et al. (2009), Brum e Silva (2015) Oliveira, Azevedo e Sodré-Neto (2016) muitos estudantes também acreditavam que os vermes são os principais responsáveis pelo desenvolvimento das cáries, atribuindo-lhes um valor negativo. Verificou-se que alguns estudantes foram capazes de reconhecer as bactérias como organismos causadores das cáries, sem que isso seja uma regra geral para todas as bactérias.

Isso evidencia que, mesmo que existam concepções alternativas, alguns estudantes apresentam conhecimentos que são similares aos considerados validados cientificamente, como asseguram Brum (2014), e, Silva e Brum (2015). No trabalho realizado por Zompero (2009), os alunos do 7º ano do Ensino Fundamental, apresentaram conhecimentos preliminares sobre os microrganismos e conseguiram relacioná-los com a saúde humana, no entanto associaram apenas aos aspectos patogênicos. Sodré-Neto e Diniz (2016) analisaram as concepções de estudantes da educação básica sobre a relação estrita entre “microrganismos e doença”, e observaram que os alunos não compreendiam a relação existente entre estes, assim como foram verificados na presente pesquisa.

Quando questionados o “porque a boa escovação teria evitado as cáries”, observou-se que 65% dos estudantes afirmam que “o flúor presente na ‘pasta dentária’ elimina os vermes/bactérias”; 23% dos discentes alegam que a escovação auxilia a “manter os dentes brancos e limpos” e 13 dos alunos asseguram que ela é essencial para “tirar a sujeira da boca”. A partir das respostas obtidas, é possível observar a existência de um conhecimento prévio dos estudantes a respeito da relevância da escovação, visto que estes conseguem tecer a relação da presença do Flúor com a redução/quantidade e a ação sobre os microrganismos, deixando os dentes limpos e “livres de sujeiras”. Estas informações estão em conformidade com o que afirma Vieira (2016), segundo o autor, a prevenção da cárie ocorre a partir da completa remoção da placa bacteriana – a principal responsável por essa doença – o que só é possível mediante a uma escovação correta/adequada.

Com relação à categoria “mantém os dentes brancos e limpos”, os estudantes que optaram por esta resposta, demonstram a preocupação com a estética dos dentes, imagem intensamente propagada e vivenciada nos meios de comunicação. Oliveira, Azevedo e Sodré-Neto (2016) em seu estudo, enfatiza que os conhecimentos dos estudantes formulados da infância à juventude, além de serem obtidos no ambiente escolar, são construídos com base nas ideias tanto do meio familiar, quanto nas vivências com grupos de amigos, admitindo que em nossa cultura, é muito possível que atrelem conhecimentos aprendidos também por meio da televisão e da internet.

Quando questionados “qual doença você causaria nas pessoas (caso fosse uma bactéria)”, 33% dos estudantes afirmaram que ocasionaria Gripe, 27% Dengue, 17% Virose, 13% Vômito, 7% dor de cabeça, 3% verminoses, como pode ser visualizado no quadro 4.

Quadro 4: Concepções dos estudantes acerca das possíveis doenças que causariam nas pessoas (caso fossem Bactérias).

Categorias	Respostas dos estudantes	Frequência
Gripe	10	33%
Dengue	08	27%
Virose	05	17%
Vômito	04	13%
Dor de Cabeça	02	7%
Verminose	01	3%
Total	**30**	**100%**

Fonte: Os autores (2019).

Diante dos resultados, verifica-se que os estudantes apresentam dificuldades em diferenciar doenças provocadas por bactérias, vírus e vermes. A situação torna-se um agravante, uma vez que os alunos não conseguem diferenciar doenças, agente causador e sintomas. Ao realizarem analises das concepções dos estudantes acerca da relação bactérias e saúde humana, Zompero (2009) e Brum (2014), verificaram que os estudantes apresentavam dificuldades em diferenciar doenças de sintomas, bem como os diferentes agentes etiológicos das doenças, como constatados na presente pesquisa.

Notou-se ainda uma evidente dificuldade dos estudantes em identificarem principalmente as doenças causadas por bactérias. A essa dificuldade, Carlétti (2007) afirma que o número de doenças causadas por microrganismos vem aumentando significativamente. Dentre as áreas da biologia, a microbiologia é considerada por Albuquerque, Braga e Gomes (2012) como uma das áreas em que os estudantes apresentam maiores dificuldades de associação entre o conteúdo e seu cotidiano. Nessa perspectiva, o domínio de conhecimentos por parte dos estudantes sobre as doenças bacterianas, sua epidemiologia, profilaxia e tratamento (e que correspondem aos conceitos cientificamente validados) são fundamentais para a sensibilização da comunidade para as problemáticas envolvendo enfermidades causadas por esses organismos.

Diante dos resultados obtidos com a pesquisa, faz-se necessário salientar que a identificação das concepções prévias sobre as bactérias e suas relações com a saúde humana é imprescindível para que o professor de Ciências e biologia possa desenvolver e utilizar estratégias diversificadas, contribuindo para uma aprendizagem significativa dos conteúdos da microbiologia, e, que possibilitem a promoção da alfabetização científica e legitimem o aperfeiçoamento e a consolidação da cidadania dos alunos. No entanto, muitos currículos atuais não têm considerado o modo de pensar dos estudantes sobre saúde e evidenciam a incapacidade de compreensão destes sobre tal assunto (ALMEIDA, DIAS-DA-SILVA; SANTOS, 2018).

Conforme Cândido et al. (2015) a instrução sobre saúde deve ir além dos tópicos específicos cuja importância tem sido determinada pelos livros didáticos e professores, descontextualizados com a realidade dos estudantes, e seus conhecimentos a respeito da temática. A educação para a saúde e prevenção de doenças é um processo que deveria transcorrer transversalmente no currículo escolar para garantir que as disciplinas do Ensino Fundamental abordem e desenvolvam a temática, atendendo uma demanda social emergente (BRASIL, 1998).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que, apesar da maioria dos estudantes apresentarem conhecimentos considerados condizentes com o que é cientificamente aceitável a respeito dos diversos aspectos das Bactérias (formas, estruturas e tamanho), verifica-se que estes não conseguem relacioná-las corretamente a saúde humana, como por exemplo, distinguir “doenças” dos “sintomas”; bem como, diferenciar doenças causadas pelas bactérias daquelas ocasionadas por outros microrganismos (vírus, vermes, fungos).

Nesse contexto, o trabalho configura-se como ponto de reflexão para a prática docente, especialmente para a microbiologia, conteúdo que apresenta conceitos e terminologias cientificas que podem dificultar o processo da aprendizagem. As concepções podem ser tanto um obstáculo quanto um ponto de partida para a compreensão do assunto. O levantamento das ideias prévias deve ser usado como ferramenta inicial no processo de ensino e aprendizagem, pois fornece condições para que o professor identifique o que o estudante já conhece e trabalhe a partir desses conceitos. Espera-se que esta pesquisa seja utilizada como ponto de partida para a proposição de ferramentas que possam vir a auxiliar o professor em seu fazer docente, como consequência promovendo um aprendizado mais significativo para o estudante acerca do assunto em questão.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, G. G.; BRAGA, R. P. S.; GOMES, V. Conhecimento dos alunos sobre microrganismos e seu uso no cotidiano. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 2, n. 1, p. 12-25, 2012.

ALMEIDA, L. M. ; DIAS-DA-SILVA, C. D. ; SANTOS, D. B. . Educação para a saúde e sexualidade: uma abordagem metodológica partir dos questionamentos dos discentes. In: Araújo, R. M.; Pinheiro, R. R. L. M. P. (Org.). **Educação, Direitos Humanos, Cidadania e Gestão**. 1ed.Natal: Unifacex, 2018.

ARAÚJO, M. F. F.; LOBATO, L. S. Percepções sobre protozoários no Ensino Fundamental: um diagnóstico em escolas de uma região litorânea do Nordeste brasileiro. **Acta Scientiae**, v. 15, n. 2, p. 354-362, 2013.

ARAÚJO, M. F. F.; MEDEIROS, M. L. Q. Concepções alternativas de professores e alunos da educação básica sobre protozoários, reveladas por desenhos, em escolas de uma região

semiárida do nordeste brasileiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia**, v. 5, n. 1, p. 5227-5238, 2014.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

AZEVEDO, T. M.; SODRÉ-NETO, L. Conhecimento de estudantes da educação básica sobre bactérias: saber científico e concepções alternativas. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 4, n. 2, p. 12-26, 2014.

BAHAR, M. et al. Science Student Teachers' Ideas of the heart. **Journal of Baltic Science Education**, v. 7, n. 2, p. 78-85, 2008.

BARDIN, L. **Análise do conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BIZERRA, A. et al. Crianças pequenas e seus conhecimentos sobre microrganismos. In: Encontro Nacional Em Pesquisa Em Educação Em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Atas do ENPEC**… Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais. Brasília: MECSEF, 1998.

BRUM, W. P. O Tema Bactéria no Ensino Fundamental: concepções alternativas dos estudantes sobre as implicações na saúde humana. **Revista de Ensino de Ciências e Engenharia**, v. 5, n. 2, p. 29-44, 2014.

BRUM, W. P; SILVA, S. C. R. As concepções de estudantes do ensino fundamental sobre bactérias e suas relações com a saúde humana. **Revista Ciências & Ideias**, v. 6, n. 2, p. 60-70, 2015.

BUCKLEY, B., BOULTER, C. GILBERT, J. Towards a typology of models for science education. In J. Gilbert (Ed.), **Exploring Models and Modelling in Science and Technology Education**, 90-105, Reading: University of Reading New Bulmershe Papers. 1997.

CANDEIAS, J. M. G. et al. **A utilização do jogo didático no ensino de microbiologia no ensino fundamental e médio**. Botucatu: UNESP, 2005.

CÂNDIDO, M. S. C. et al. Microbiologia no Ensino Médio: analisando a realidade e sugerindo alternativas de ensino numa escola paraibana. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 57-73, 2015.

CARLÉTTI, D. S. Concepções dos alunos sobre microbiologia. **Revista Brasileira da Sociedade de Ensino de Biologia**, v. 2, n. 1, p. 5112-5123, 2007.

CARVALHO, J. C. Q.; COUTO, S. G; BOSSOLAN, N. R. S. Algumas concepções de alunos do ensino médio a respeito das proteínas. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 4, p. 897-912, 2012.

CASSANTI, A. C. et al. **Democrática:** estratégias de ensino-aprendizagem e formação de professores. São Paulo: Colégio Dante Alighieri, 2008.

CASTRO, D. R.; BEJARANO, N. R. R. Conhecimentos prévios sobre seres vivos dos estudantes das séries iniciais da Cooperativa de Ensino de Central - COOPEC- BA. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 19-40, 2013.

FERREIRA, N. P.; DIAS-DA-SILVA, C. D. **Praticas educativas no ensino de Ciências e Biologia.** Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas, V. 4, São Paulo, 2007.

KIMURA, A. H. et al. Microbiologia para o ensino médio e técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência. **Revista Conexão UEPG,** v. 9, n. 2, p. 13-26, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**: ciência e conhecimento científico; métodos científicos; teoria, hipóteses e variáveis; metodologia jurídica. São Paulo: Atlas, 2009.

MEDEIROS, M. L. Q. **Protozoários de vida livre em ambientes aquáticos do RN: ocorrência, caracterização e importância para educação básica**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2012.

MOREIRA, M. A. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 3, p. 37-57, 2002.

OLIVEIRA, F. F.; AZEVEDO, T, M.; SODRÉ-NETO, L. Concepções alternativas sobre microrganismos: alerta para a necessidade de melhoria no processo de ensino-aprendizagem de biologia. **Revista de Ensino de Ciência e tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 260-276, 2016.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. **Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética**.Disponível:<http://www.fae.ufmg.br/ensaio/vol7especial/artigopaivaemartins.pdf >Acesso em: 20.08.2017**.**

PELCKZAR, M. **Microbiologia**. Vol 1, 2ª ed. Makron Books, 1996.

PIVATTO, W. Bactérias, vírus ou febre: os conhecimentos prévios dos alunos sobre saúde e combate a doenças. Revista de Educação, Ciências e Matemática, v. 4, n. 3, p. 1-12, 2014.

POZO, J. I. **Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal**. Madrid: Visor, 1987.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico." Porto Alegre: Artmed, 2009.

SILVEIRA, M. L.; OLIVEIROS, P. B.; ARAÚJO, M. F. F. Concepções espontâneas sobre bactérias de alunos do 6º ao 9º ano. Encontro Nacional de Pesquisas em Ensino de Ciências, 8, 2011. **Atas do ENPEC**. São Paulo, Campinas: ABRAPEC, 2011.

SIMONNEAUX, L. A study of pupils conceptions and reasoning in connection with micrpbes, as a contribution to research in biotecnology education. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 6, p. 19-32, 2000.

SILVA, M. S.; BASTOS, S. N. D. Ensino de microbiologia: percepção de docentes e discentes nas escolas públicas de Mosqueiro, Belém, Pará. In: Encontro Nacional De Ensino De Ciências Da Saúde E Do Ambiente, 3., 2012 Niterói. **Anais.**.. Niterói: UFF. 2012.

SODRÉ-NETO, L.; DINIZ, J. A. A pesquisa-ação sobre ensino-aprendizagem de microbiologia no ensino médio. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 12-26, 2016.

SOUZA, F. F. et al. Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre bactérias. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em ciências, 1, 2016. **Anais do CONAPESC**. Paraíba, Campina Grande: Realize Eventos e Editora, 2016.

TEIXEIRA, A. M. M. B. **Concepções alternativas em ciência**: um instrumento de diagnóstico. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2012.

TOLEDO, A. G. et al. Estudo da microbiologia e sua relação no cotidiano do aluno a partir da temática saúde. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 23-42, 2015**.**

ZOMPERO, A. F. Concepções de alunos do ensino fundamental sobre microorganismos em aspectos que envolvem saúde: implicações para o ensino aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 31-42, 2009**.**

AS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: CONCEPÇÕES DOS LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE O ENSINO HÍBRIDO

Elaine Fernanda dos Santos [1]
Sindiany Suelen Caduda dos Santos [2]

RESUMO

O ensino híbrido consiste na combinação de modelos educacionais de aprendizagem baseados no ensino presencial e *on-line*. Esta metodologia ativa é uma das formas de superar o modelo vigente de ensino tradicional ainda utilizado pelas escolas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar a concepção de licenciandos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas acerca da utilização de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) com ênfase no ensino híbrido, como forma de aperfeiçoamento das práticas pedagógicas na educação básica. Metodologicamente a pesquisa quali-quantitativa utilizou-se da aplicação de questionários elaborados e disponibilizados na plataforma de Formulários do *Google*. Os resultados apontaram que o ensino híbrido ainda não é tão explorado dentro dos cursos de formação de professores no ensino de Ciências. Pelas vantagens fornecidas pelo ensino híbrido, reforça-se a ideia da relevância do ensino *on-line* e *off-line*.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, Metodologias ativas.

INTRODUÇÃO

Ao pensar em uma educação híbrida admite-se que não existe uma única forma de aprender e nem um único espaço de aprendizagem (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015). Em meio aos avanços tecnológicos e a facilidade de acesso à informação, a escola e o professor não são mais as únicas fontes de conhecimento (SUNAGA, CARVALHO, 2018). O que implica dizer que as tecnologias digitais têm um papel de destaque no processo de ensino e aprendizagem e por isso o ensino é cada vez mais *blended* ou híbrido, pois inclui os espaços digitais (MORÁN, 2015).

Destaca-se que os estudos sobre o uso de tecnologias digitais na educação não são recentes. Em meio às discussões sobre as dificuldades de implantação de tecnologias

[1]Mestranda do Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática/NPGECIMA da Universidade Federal de Sergipe- UFS, elainefernanda14@email.com;
[2]Professora Doutora da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, sindiany.santos@ufsb.edu.br.

educacionais na escola, no final do século XX surgiram pesquisas com o objetivo de identificar quais eram as estratégias e consequências da utilização de recursos computacionais no processo de ensino e aprendizagem na sala de aula (BACICH, 2016).

Já no século XXI, há exemplos bem sucedidos do uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) na aprendizagem. As escolas públicas que fazem parte do Núcleo Avançado de Educação (NAVE), por exemplo, utilizam as novas tecnologias para aperfeiçoar o aprendizado dos estudantes do ensino médio (MORAN, 2015). NAVE é um programa de Ensino Médio Integrado Profissionalizante desenvolvido pela Oi Futuro, em parceria com os estados do Rio de Janeiro e Pernambuco. Ele oferece à escola pública cursos que utilizam tecnologias digitais em atividades de tempo integral e incentivam os estudantes a trabalhar em projetos integrados e mediados pelos educadores.

Os benefícios do Programa são inúmeros, a julgar pelos resultados dos colégios participantes do NAVE no Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM. As escolas públicas do estado do Rio de Janeiro e Pernambuco ocuparam o 1º lugar no *ranking* de resultados de notas no ENEM. Ademais, foram responsáveis pela publicação de mais de 25 jogos tecnológicos elaborados pelos alunos publicados em lojas digitais (MORAN, 2015).

Contudo, sabe-se que a maioria das escolas públicas brasileiras não tem estrutura para trabalhar apenas com TDICs nas salas de aula e nem corpo docente preparado para uso exclusivo de tecnologias digitais. Afirmação que faz do ensino híbrido uma metodologia capaz de atender às demandas de comunidades escolares com as mais diversas realidades, uma vez que combina modelos educacionais presenciais e *on-line* (SUNAGA; CARVALHO, 2015).

No Ensino Híbrido, as propostas metodológicas são organizadas em modelo de rotação, flex, á *la carte* e virtual enriquecido (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015). Os modelos podem ser sustentados e/ou disruptivos. Os primeiros possuem características similares as da sala de aula tradicional mescladas com o ensino *on-line*; estes últimos rompem com modelo da sala de aula tradicional de forma plena (CHRISTENSEN; HORN; STAKER, 2013).

Nos modelos de rotação os estudantes alternam em uma sequência ordenada ou estabelecida pelo professor, entre modalidades de aprendizagens, sendo uma delas, obrigatoriamente *on-line*. O ensino pode ser organizado de forma individual ou em grupo, porém todos os alunos devem passar por todas as atividades estabelecidas. O ideal é que o professor estabeleça a hora de rotacionar para que os discentes possam trocar de modalidade (HORN; STAKER, 2015).

O modelo flex trata o ensino *on-line* como a espinha dorsal de todo o processo de ensino e aprendizagem. No entanto, às vezes ocorre o ensino presencial em algumas dadas ocasiões. Os estudantes aprendem por meio de um cronograma individualmente personalizado e os professores oferecem o suporte em uma base flexível e adaptativa, que irá ocorrer de forma presencial (HORN; STAKER, 2015).

No modelo á *la carte* o aluno é responsável pelo o seu próprio cronograma de estudos, de acordo com os objetivos que estes pretendem atender em parceria com o seu professor. Nesse tipo de abordagem o estudante precisa fazer cursos inteiramente *on-line*, apesar de a organização ser compartilhada com o educador (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015).

O modelo virtual enriquecido é uma experiência realizada por toda a escola e em todas as disciplinas. Os alunos dividem seu tempo entre a aprendizagem *on-line* e a presencial, que deve ser realizada uma vez por semana. Esse modelo vem sendo aplicado em escolas de tempo integral (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015; HORN; STAKER, 2015).

Perrenoud (2000) ressalta que as escolas não podem ignorar o que se passa no mundo, é necessário incorporar as novas tecnologias da informação e da comunicação no ambiente escolar, a fim de criar maneiras de comunicar, trabalhar, decidir e pensar. O autor ainda destaca a importância de que os professores se utilizem de competências que estejam fundamentadas em uma cultura tecnológica (PERRENOUD, 2000).

Isto posto, indagou-se: qual o conhecimento os professores de Biologia, em formação inicial, têm sobre o ensino híbrido?. Para responder a questão, o trabalho objetivou identificar a concepção de licenciandos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas acerca da utilização de TDICs, com ênfase no ensino híbrido, como forma de aperfeiçoamento das práticas pedagógicas na educação básica.

Na sequência serão apresentados os caminhos metodológicos, os resultados e discussão, além das considerações finais, onde serão respondidas as indagações da pesquisa e feitas algumas sugestões.

METODOLOGIA

A pesquisa quali-quantitativa foi aplicada com 12 estudantes do ensino superior, regularmente matriculados no curso de Ciências Biológicas Licenciatura, na Universidade Federal de Sergipe, campus São Cristóvão.

Para execução do estudo foi utilizada a técnica de questionário semiaberto na versão *on-line*. O instrumento de coleta foi elaborado; validado com discentes da área de

Licenciatura em Ciências Biológicas que não eram participantes da pesquisa para os devidos ajustes; e hospedado na plataforma de Formulários do *Google*.

As dez perguntas objetivas e discursivas foram elaboradas com o intuito de levantar dados sobre a concepção dos licenciandos em Ciências Biológicas acerca das TDICs, com ênfase no ensino híbrido. As perguntas 1, 2 e 3 referem-se a um levantamento inicial do perfil dos participantes, 4, 5 e 6 tratam do conhecimento que os participantes têm sobre o tema em questão, ressaltando algumas propostas específicas do ensino híbrido.

Antes de responder o questionário, o participante precisava assinalar a aceitação de todos os requisitos da pesquisa que estavam expostos no termo de consentimento livre e esclarecido também disponibilizado de forma *on-line*. Em seguida, passavam para as próximas etapas.

Após a aplicação dos questionários foi estabelecido um código para cada participante (P_n, onde n era o número que foi designado para este, foram numeradas sequencialmente de 1 a 12). A partir disso, o conteúdo foi dividido em quatro unidades de registro (UR), conforme Bardin (2011), intituladas: (1) metodologias de ensino que estão sendo utilizadas atualmente no ensino de ciências; (2) importância da utilização das novas TDICs no ensino de ciências; (3) conhecimentos que os participantes tinham sobre o conceito de ensino híbrido e seus modelos, bem como o grau de importância que estes dariam para a metodologia de ensino discutida; e (4) as tecnologias digitais, que são utilizadas como pressuposto básico do ensino híbrido, seriam ferramentas capazes de promover uma mudança postiva dentro do ensino de ciências.

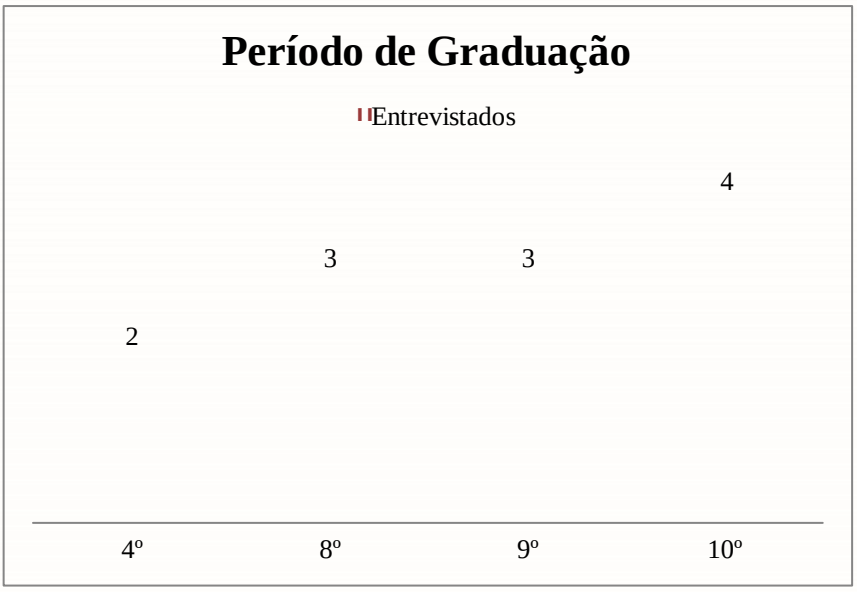
Posteriormente a primeira e quarta UR foram divididas em algumas categorias, para uma melhor análise dos resultados de acordo com o disponibilizado pela literatura. As categorias da primeira UR foram: *práticas tradicionais, metodologias ultrapassadas e sem eficiência e métodos eficientes* e da quarta UR: *inovação no ensino de ciências* e *autonomia do estudante*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O curso de Licenciatura em Ciências Biológicas é composto por semestres, sendo que o curso diurno possui oito períodos para a integralização e o noturno dez períodos. Com relação ao tempo decorrido de curso, dez participantes estão nos períodos finais do curso de graduação (Gráfico 1) e já tiveram contato com disciplinas específicas na formação de professores que focam em práticas pedagógicas com o uso de tecnologias digitais. Dentre elas

pode-se destacar: Instrumentação para o Ensino de Ciências e Biologia, Didática para o Ensino de Ciências e Biologia, Estudos de caso sobre tendências pedagógicas no Ensino de Ciências e Biologia e os Estágios supervisionados.

Gráfico 1: Período de graduação em que se encontram os sujeitos entrevistados.



Fonte: As autoras.

Nas questões introdutórias foi perguntado se os participantes já haviam tido alguma experiência em sala de aula, dez assinalaram que sim e, apenas dois marcaram que não. Este último quantitativo correspondeu aos que se encontravam no quarto período de graduação, pois os estágios supervisionados são realizados nos quatros últimos períodos do curso. Os licenciandos são inseridos nos ambientes educacionais através das disciplinas de estágios supervisionados e participação em projetos de pesquisa que envolve a iniciação à docência.

As atividades relacionadas ao estágio supervisionado em licenciatura buscam desenvolver técnicas a serem empregadas em sala de aula, promover habilidades específicas de condução da classe, utilização de recursos didáticos, preenchimento de fichas e documentos manuseados dentro da escola, além de favorecer uma articulação prática de como o futuro docente poderá ministrar suas aulas (PIMENTA; LIMA, 2005).

A primeira UR foi definida com relação às metodologias de ensino que estão sendo utilizadas atualmente no ensino de ciências. Os participantes explanaram se os métodos de ensino atuais seriam eficientes para o processo de ensino e aprendizagem. Dez destes julgaram que as metodologias abordadas atualmente não suprem as demandas do processo de aprendizagem dos alunos e apenas dois julgaram-nas como adequadas. Ao analisar essa UR,

definiram-se três categorias de análise: *práticas tradicionais, metodologias ultrapassadas e sem eficiência e métodos eficientes.*

O termo práticas tradicionais foi mencionado por três entrevistados como práticas negativas do ensino. As respostas abaixo revelam tal concepção:

> P9: *"Métodos tradicionais tornam o ensino cansativo e sem significado para o aluno";*
>
> P1: *"Ainda existem muita resistência por parte de alguns professores em desconstruir práticas tradicionais".*

A tendência imposta por currículos tradicionalista, apesar de muitas mudanças que ocorreram nos últimas décadas na educação, tendem a prevalecer, não só no Brasil, mas em boa parte dos sistemas educacionais de outros países (KRASILCHIK, 2000). No entanto, Zuanon, Diniz e Nascimento (2010) reforçam a necessidade do uso de novas metodologias de ensino para trabalharmos com o ensino de Ciências e Biologia.

Os ambientes educacionais são baseados, tradicionalmente, em aulas expositivas, tendo evidenciado destaque o giz e a lousa como ferramentas nas salas de aulas. No modelo de ensino tradicionalista os alunos retornariam para suas casas com os cadernos repletos de conteúdos e atividades, pois acreditam ser uma forma eficiente de aprendizagem. Entretanto, com os avanços tecnológicos e a facilidade de acesso a informação, a escola e o professor não são mais as únicas fontes de conhecimento (SUNAGA, CARVALHO, 2018).

A segunda categoria analisada da primeira UR foi intitulada metodologias ultrapassadas. Alguns participantes justificaram que os métodos utilizados no ensino de ciências são ultrapassados, tornando as práticas pedagógicas ineficientes para a aprendizagem dos estudantes, conforme indicado nas respostas abaixo:

> P3: "*muitas metodologias que estão sendo utilizadas estão ultrapassadas";*
>
> P11: *"Algumas não promovem um ensino e aprendizagem eficiente".*

Os modelos educacionais tradicionais brasileiros são os mesmos que eram utilizados nos tempos da colonização (SANTOS; BITENCOURT, 2016). Apesar de tantas mudanças e conquistas atribuídas ao cenário educacional, ainda se observa a prática de uma metodologia arcaica em que o professor é detentor do conhecimento que será transmitido para o aluno de forma mecânica através de uma postura tradicional, destacam os autores.

Reafirmar que a postura do professor tradicionalista, ou seja, transmissor de informações deve ser substituído por um docente inovador, que seja mediador entre os alunos e o objeto de conhecimento, parece ser insuficiente para aqueles que estão no processo de formação inicial, pois o conceito de mediação pode ser distorcido e apresentado de forma errônea, o que leva o licenciando a questionar o papel da postura mediadora do professor dentro da sala de aula (THADEI, 2018).

Por outro lado, dois participantes afirmaram que as metodologias abordadas no ensino de ciências são eficientes para o processo de aprendizado dos discentes, ressaltando que o docente deve utilizar os métodos que estejam disponíveis para o seu acesso e que esses devem ser adaptados às necessidades formativas dos estudantes. A argumentação seguinte evidencia esta afirmação.

> P7: *"As metodologias são utilizadas de acordo com o que temos em mãos, podendo ser adaptada as necessidades educacionais e motivacionais que o docente almeja para os alunos. dessa forma, acho que 'sejam' eficientes"*.

A crescente evolução dos recursos tecnológicos e mídias digitais ainda gera uma resistência por parte dos professores. Muitos dos docentes não conseguiram acompanhar os avanços tecnológicos no mesmo ritmo dos acontecimentos da sociedade contemporânea. Apesar disso, pensar no uso de TDICs nas aulas não é mais uma questão de escolha do professor; elas estão fora e dentro da sala de aula; cabe ao educador pensar nelas como ferramenta de um ensino inovador (DANTAS, 2014).

Na segunda UR foi abordada a importância da utilização das novas TDICs no ensino de ciências. Sete participantes julgaram que é muito importante o uso das tecnologias e cinco atribuíram que seria importante, porém ressaltaram que devem ser tomadas algumas precauções para o uso correto de TDICs.

Os docentes podem potencializar suas aulas ao utilizar as tecnologias digitais, através de diferentes tarefas que valorizem o protagonismo dos estudantes. Dessa maneira, os professores têm a oportunidade de identificar com mais clareza as dificuldades dos discentes através de plataformas adaptativas virtuais, podendo orientá-los de forma individual e eficiente. Sendo assim, o docente não será mais um transmissor de conteúdo, mas sim, um orientador que dará subsídios para uma efetiva construção de conhecimento (SUNAGA; CARVALHO, 2015).

A depender da maneira como o professor irá usar as novas tecnologias digitais, será possível promover uma personalização do ensino, de forma a atribuir um caráter significativo

ao aprendizado do aluno. A personalização do ensino, considerada como um desafio para a educação tornou-se possível pelo uso das tecnologias digitais, que é um desafio para os profissionais da educação, que em muitos casos, não têm formação e habilidades necessárias para lidar com esses avanços tecnológicos (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015; SUNAGA; CARVALHO, 2015).

As mudanças direcionadas pelo uso das tecnologias digitais requerem o uso de metodologias que estejam adequadas às necessidades dos estudantes e docentes, de forma que venha a ressignificar o papel do processo de ensino e aprendizagem. Desta maneira, um projeto de personalização exige um delineamento do modo de estudo do aluno, de modo a escolher os recursos que mais se aproximam da sua maneira de construir seu conhecimento, respeitando o seu tempo, lugar e ritmo (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015).

O ensino híbrido traz o uso das tecnologias digitais como forma de personalizar a aprendizagem e inovar nos processos educativos, através de espaços e ferramentas tecnológicas como os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), as plataformas adaptativas, *google* sala de aula e seus complementos e os objetos virtuais de aprendizagem. Cabe ao docente saber escolher quais recursos atendem a realidade dos seus alunos (SUNAGA; CARVALHO, 2015).

Na terceira UR foram levantados os conhecimentos que os participantes tinham sobre o conceito de ensino híbrido e seus modelos, bem como o grau de importância que estes dariam para a metodologia de ensino discutida.

Dentre os entrevistados, sete indicaram que não tinham nenhum tipo de conhecimento sobre a metodologia do ensino híbrido e cinco responderam que já tinham ouvido falar sobre essa metodologia. Tal fato pode ser justificado pela reduzida difusão dessa metodologia ativa de ensino, pois há poucas pesquisas publicadas sobre sua aplicação e eficiência voltadas para o ensino de ciências na educação básica.

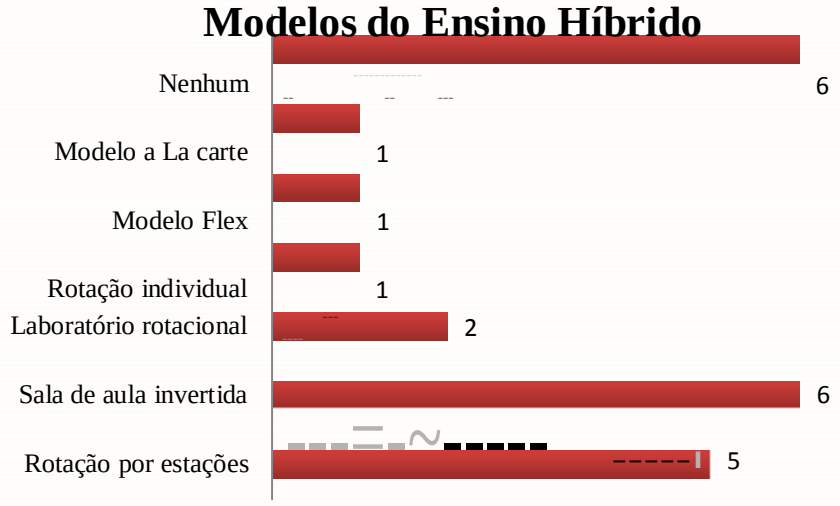
Segundo Moran (2015) a educação híbrida implantada por instituições de ensino mais inovadoras em seus modelos pedagógicos integram no seu projeto politico-pedagógico (PPP) alguns quesitos, como: orientação de um mentor que destaque o projeto de vida do estudante, desenvolvimento de valores e competências mais amplas, personalização da aprendizagem respeitando o ritmo de aprendizagem de cada aluno, desafios com metodologias ativas grupais e integração de tempos e espaços.

As mudanças tecnológicas trazem na contemporaneidade a integração de todos os espaços e tempos de aprendizagem que condizem com a junção do ambiente físico e digital, promovendo uma extensão da sala de aula, tornando-se cada vez mais ampliadas. Dessa

forma, o ensino é híbrido, tem um alcance além do ambiente escolar, que incluem os espaços digitais (MORÁN, 2015).

Ao questionar quais dos modelos do ensino híbrido os participantes tinham conhecimento, seis destes apontaram que não tinham nenhum tipo de conhecimento sobre a metodologia mencionada (Gráfico 2). Esse número corresponde a metade da amostra pesquisada. Vale ressaltar que nessa questão, um mesmo sujeito poderia assinalar mais de uma opção.

Gráfico 2: Modelos do ensino híbrido conhecidos pelos participantes.



Fonte: As autoras.

O modelo de sala de aula invertida foi o mais apontado entre os participantes. A sala de aula invertida é um dos modelos mais conhecidos e que vem recebendo maior atenção na mídia, que consiste na inversão da função normal da sala de aula, pois os estudantes recebem lições *on-line*, que devem ser realizadas em suas casas de forma independente, sendo o tempo da sala de aula reservado para instruções do professor e/ou esclarecimentos sobre o conteúdo estudado (HORN; STAKER, 2015).

Valente (2018) aborda em seu artigo a experiência com a sala de aula invertida em uma disciplina de graduação no curso de comunicação social – midialogia na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Destaca-se que a utilização de abordagens pedagógicas inovadores, como a sala de aula invertida, proporciona a criação de ambientes de aprendizagens que favorecem o desenvolvimento da autonomia do aluno, em paralelo o

estudante desenvolve competências que são fundamentais e marcantes para a formação profissional (VALENTE, 2018).

A rotação por estações foi o segundo modelo mais apontado. Cinco dos entrevistados ressaltaram que conheciam esse método de ensino. Na proposta de rotação por estação os alunos são divididos em grupos, que formam as estações, que irão realizar uma tarefa a partir dos objetivos propostos pelo professor. Vários tipos de recursos podem ser utilizados por cada grupo, favorecendo a personalização do ensino, entretanto é necessário que em um desses esteja envolvida com a proposta *on-line*. Após um determinado tempo os estudantes trocam de estação e assim sucessivamente, até todos os alunos terem passado por todas estas e, consequentemente, terem acesso aos mesmos conteúdos (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015).

Schiehl e Gasparini (2016) publicaram um estudo cientifico que aborda as contribuições do *google* sala de aula para o ensino híbrido com ênfase em uma proposta educacional com base no modelo de rotação por estações utilizando as tecnologias e ferramentas existentes.

O modelo de rotação proposto foi organizado em três estações: azul, verde e amarela. A divisão foi pensada para facilitar os momentos de rotações e montagem da sala de aula. Uma das estações, obrigatoriamente, precisaria ter recursos on-line, definiu-se que seria a azul. Nesse local ocorreram as atividades e pesquisas on-line no *google* sala de aula com auxilio de celulares, *notebooks* e *tablets* com acesso a internet. A estação verde foi denominada de colaborativa, ambiente de troca de conhecimentos entre os estudantes. Por fim, a estação amarela os alunos desenvolviam a resolução de atividades por níveis de complexidade através de pesquisas (SCHIEHL; GASPARINI, 2016).

Schiehl e Gasparini (2016) observaram como resultados que o modelo de rotações por estações promove um contato maior do professor com o estudante, além de exercer uma maior colaboração entre os atores (aluno-professor/ aluno-aluno) envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Cabe ressaltar, que o foco da aula estará voltado para a aprendizagem do discente, fato esse, que colabora com o engajamento dos estudantes durante as aulas (SCHIEHL; GASPARINI, 2016).

Já o laboratorio rotacional foi apontado por dois participantes. O laboratório rotacional é caracterizado pela rotação entre a sala de aula tradicional e laboratórios de ensino. Os alunos iniciam suas atividades na sala de aula e logo em seguida faz uma rotação para um ambiente com computadores, onde é inserida a aprendizagem *on-line* (BACICH; NETO; TREVISANI,

2015). A ideia do laboratório é que os alunos trabalhem de forma individual para alcançar os objetivos traçados.

Nesse modelo do ensino híbrido os discentes usam dois espaços de ensino: a sala de aula e o laboratório de informática ou outros ambientes que possuam acesso a computadores, pois os trabalhos acontecerão de forma *on-line*. A autonomia será despertada a partir do momento que os alunos, de forma individual, cumpram os objetivos de ensino fixados pelo professor. Essa proposta é semelhante ao modelo de rotações por estações, porém, nesse modelo o trabalho de laboratório precisa ser acompanhado por um docente tutor (BACICH; MORÁN, 2015).

Rotação individual, modelo *flex* e modelo *à la carte* foram citados apenas por um participante cada e o modelo virtual enriquecido não foi citado por nenhum participante. Esses modelos são considerados disruptivos, ou seja, exigem mudanças mais profundas no processo educacional, tais transformações estão distantes da realidade encontrada nas escolas brasileiras, esse fato pode ter sido a justificativa para esses modelos, ainda, não serem tão difundidos.

Esses modelos são considerados disruptivos por exigirem mudanças estruturais em todas as modalidades de aprendizagem. Uns adotam uma postura centrada na individualidade de cada aluno, outros exigem uma organização da escola que não é comum no Brasil, além de propor estratégias totalmente voltadas para o ensino virtual, descartando propostas na sala de aula tradicional (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015).

Na quarta UR foi discutido se as tecnologias digitais, que são utilizadas como pressuposto básico do ensino híbrido, seriam ferramentas capazes de promover uma mudança postiva dentro do ensino de ciências. Todos os participantes responderam que sim, até aqueles que não tinham nenhum conhecimento sobre a metodologia em questão. Dessa forma foram estabelecidas duas categorias: *inovação no ensino de ciências* e *autonomia do estudante*.

Na primeira categoria os participantes mencionaram que o ensino de ciências precisa passar por transformações que promovam inovação na maneira de ensinar e aprender. Dessa maneira os modelos do ensino híbrido, por mesclar o ensino tradicional com o ensino *on-line*, poderia ser uma metodologia adequada para tornar possível essa mudança positiva e que aperfeiçoe o processo de ensino e aprendizagem de estudantes. Conforme ressaltado pelos participantes abaixo:

> P2: *"Toda inovação no campo da educação é bem vida, se o intuito for contribuir com os processos educacionais";*

> P3: *"O ensino de ciências precisa de metodologias mais inovadoras, que sejam de fato eficientes para aprendizagem dos alunos";*
>
> P1: *"A meu ver, toda inovação educacional tende a somar no ensino de ciências".*

Na educação ainda é utilizado recursos tradicionais, que não fazem tanto efeito para a aprendizagem de crianças e jovens. Para os que defendem o processo de informatização nas escolas, sustentam que é preciso uma inovação em todos os métodos de ensino para que o cerébro humano exerça sua capacidade de pensar criticamente, ao invés de desenvolver, apenas, a memória (GADOTTI, 2000).

O autor ainda ressalta que os novos recursos tecnológicos criam impasses que se assemelham, e podem ser uma fonte muito eficiente de fornecimento de informações, que trazem a inovação tecnológica para dentro das salas de aulas (GADOTTI, 2000).

Na segunda categoria estabelecida foi levantado como as TDCIs no ensino híbrido despertava a autonomia dos estudantes, de forma a tornar o aluno autor do seu próprio conhecimento, ou seja, que este aprenda o conteúdo associando ao seu cotidiano e assim comece a fazer sentido para o seu aprendizado. Como ressaltado pelo participante 8:

> P8: *"... pois irá promover uma autonomia dos estudantes na produção do seu próprio conhecimento";*

A predisposição do estudante em relação as suas novas aprendizagens, pela compreensão em que se é dada, pelo interesse e pela escolha, são condições fundamentais para exercitar sua liberdade de escolha e depertar sua autonomia na tomada de decisões em diferentes estágios do seus processo de ensino e aprendizagem (BERBEL, 2011).

Consoante Diesel, Baldez e Martins (2017) as metodologias ativas da aprendizagem contribuem de forma significativa na construção da autonomia do estudante, pois favorece o sentimento de participação e abre inúmeros caminhos para o desenolvimento do conhecimento de forma efetiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aponta que ainda caminhamos a passos lentos quando o assunto é o uso efetivo de TDICs e práticas inovadoras na educação básica. Respondendo ao questionamento inicial do trabalho, embora a pesquisa aponte que praticamente todos os docentes reconhecem

os pontos negativos do uso de metodologias tradicionais e a necessidade de transformações na forma de Ensinar Ciências, há uma priorização dos professores pelo uso de práticas tradicionais nas aulas. Algo que é incompatível com a educação no século XXI e com os pressupostos da Base Nacional Comum Curricular no âmbito do Ensino de Ciências da Natureza.

O trabalho chama atenção ao fato de metade da amostra total não saber o que significa ensino híbrido e a outra metade conhecer a metodologia híbrida sala invertida. Isso revela o quanto à discussão das potencialidades das metodologias ativas entre universidades, graduandos de licenciatura e escolas precisa ser estimulada, pois é preciso caminhar coletivamente em busca de rumos inovadores na educação.

Em meio à análise, um dos caminhos a ser seguido refere-se à inserção das TDCIs nas disciplinas de formação inicial do Curso de Ciências Biológicas, priorizando-se o uso de práticas inovadoras e o ensino personalizado. Somente com a personalização do ensino pode-se garantir o protagonismo e a autonomia dos estudantes nas escolas.

Reforça-se que a formação de professores de Ciências deve ser marcada pelo conhecimento de técnicas e métodos de ensino que causem impactos positivos no processo de aprendizagem. Se isso não for priorizado, compromete-se a formação de professores e dos futuros estudantes da educação que receberão docentes com as marcas do ensino tradicional. Cabe à academia estimular a formação de docentes que reconheçam a importância da inovação educacional nos diversos espaços de ensino e aprendizagem, bem como é papel das escolas refletir sobre quais as melhores estratégias para personalização do ensino.

REFERÊNCIAS

BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello. **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na educação. In:_____ (Org.). Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação. São Paulo, Penso editora LTDA, cap. 2, 2015.

BACICH, Lilian; MORAN, José. Aprender e ensinar com foco na educação híbrida. **Revista Pátio**, v. 17, n. 25, p. 45-47, 2015.

BACICH, Lilian. Ensino Híbrido: Proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e aprendizagem. In: **Anais do Workshop de Informática na escola**. 2016.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa: edições, v. 70, 2011.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

CASTRO, Eder Alonso et al. ENSINO HÍBRIDO: DESAFIO DA CONTEMPORANEIDADE?. **Projeção e Docência**, v. 6, n. 2, p. 47-58, 2015.

CHRISTENSEN, Claiton M.; HORN, Micehael B.; STAKER, Heather. **Ensino híbrido: uma inovação disruptiva**. Uma introdução à teoria dos híbridos. Instituto Península (Trad.). Fundação Lemann. Porto Alegre: Penso, 2013.

DANTAS, Glória de Fátima Vieira. **Fatores que levam à resistência dos professores ao uso das TIC em sala de aula.** 2014. Monografia (Especialização em Gestão Escolar) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

GADOTTI, Moacir. Perspectivas atuais da educação. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 2, p. 03-11, 2000.

HORN, Michael B.; STAKER, Heather. **Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Penso Editora, 2015.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. EdUSP, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania**: aproximações jovens, v. 2, p. 15-33, 2015.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Artmed editora, 2000.

PIMENTA, Selma Garrido; LIMA, Maria Socorro Lucena. Estágio e docência: diferentes concepções. **Revista Poíesis**, v. 3, n. 3, p. 5-24, 2005.

SANTOS, Vinicius Dantas; BITENCOURT, Ricardo. Estudo sobre um modelo de educação ultrapassado. In: III Congresso nacional de Educação. 2016, Natal. **Anais III CONEDU.** Natal/RN, p. 1-6, 2016. Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD4_SA6_ID10316_15082016131121.pdf. Acesso em: 13 de novembro de 2018.

SCHIEHL, Edson Pedro; GASPARINI, Isabela. Contribuições do google sala de aula para o ensino híbrido. **RENOTE**, v. 14, n. 2, 2016.

SUNAGA, Alexsandro; CARVALHO, Camila Sanches de. **As tecnologias digitais no ensino híbrido.** In: BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello (Org.). Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação. São Paulo, Penso editora LTDA, cap.7, 2015.

THADEI, Jordana. **Mediação e educação na atualidade: um diálogo com formadores de professores.** In: BACICH, Lilian; MORÁN, José (Org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre, Penso editora LTDA, cap.5, 2018.

VALENTE, José Armando. **A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia.** In: BACICH, Lilian; MORÁN, José (Org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre, Penso editora LTDA, cap.1, 2018.

ZUANON, Átima Clemente Alves; DINIZ, Raphael Hermano Santos; NASCIMENTO, Luziane Helena. Construção de jogos didáticos para o ensino de Biologia: um recurso para integração dos alunos à prática docente. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 49-59, 2010.

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA CASCA DE COCO VERDE IN NARURA E PÓS-TRATAMENTO QUÍMICO COMO BIOMASSA ADSORVENTE

Andrezza de Araújo Silva Gallindo [1]
Erivaldo Genuíno Lima[2]
Sara Regina Ribeiro Carneiro de Barros [3]
Pablícia Oliveira Galdino [4]
Meiry Gláucia Freire Rodrigues [5]

RESUMO

A casca de coco verde é um resíduo natural abundante no Brasil. Segundo ABIR e Euromonitor, haverá uma expansão anual média de consumo de água de coco no Brasil de 9,2% em volume até 2020 e a casca residual é uma biomassa rica para aplicação na química verde. Sua composição em material orgânico, após ativação alcalina/ácida, resulta na redução do índice de cristalinidade da celulose (ICr) e potencialização da adsorção de metais. Diante disto, foi realizada uma ativação alcalina/ácida e avaliada na adsorção do níquel (Ni^{2+}). O pó de casca de côco in natura (PCCV) e ativado (APCCV) foi caracterizado por difração de raios X (DRX) e Espectroscopia de Fluorescência de raios X por energia dispersiva (FRX). Os resultados da umidade para as amostras PCCV e APCCV foram 5 % e 18 %, respectivamente. A partir dos resultados de DRX foi possível identificar estrutura amorfa e os valores dos índices de cristalinidade, nas posições 2θ de 22,6° e 18,7°, resultou na redução de 23,8 % para 14,4 %. Baseado nos resultados de FRX constata-se redução no teor de K, Ca, Na, Mg, Si, Cl, Ti e Fe e aumento nos teores de Al e Ni a amostra ativada (APCCV). Conclui-se, portanto que o aumento na umidade e redução no índice de cristalinidade causada pela ativação alcalina/ácida no pó de côco verde foi favorável a adsorção do níquel.

Palavras-chave: Coco verde, cristalinidade, composição mineral e adsorção.

1. INTRODUÇÃO

A casca de coco verde é uma biomassa residual abundante no Brasil, sendo o País Sul-americano considerado como o primeiro produtor mundial da bebida. De 1,9 bilhões de cocos

[1] Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, andrezzaaraujos.g@gmail.com;
[2] Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, erigenuino@hotmail.com;
[3] Doutora Professora titular da Unidade Acadêmica de Química da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, regina_pb@hotmail.com;
[4] Doutora Professora titular da Unidade Acadêmica de Química da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, pabliciaog@hotmail.com;
[5] Professora orientadora: Doutora Professora titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, meirygfr@hotmail.com.

colhidos em 2015 no Brasil - o dobro da produção de 20 anos antes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - 70% eram verdes e suas cascas são um resíduo natural e abundante no Nordeste (JORNAL ESTADUAL DE MINAS, 2018). Segundo um estudo da Euromonitor divulgado pela ABIR (Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não alcoólicas) em 2019, o mercado brasileiro de água de coco deve ter uma expansão anual média, em volume, de 9,2% até 2020. A biomassa casca de coco verde contém composição rica para diferentes aplicações e vêm sendo explorada como fonte alternativa de diferentes processos da química verde.

A caracterização química do pó da casca de coco verde proveniente do estado do Ceará no Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria tropical (SILVA, 1999), apresenta composição do material em macro e micronutrientes como: N (6,52 g/Kg), P (1,42 g/Kg), K (11,5 g/Kg), Ca (6,8 g/Kg), Mg (1,79 g/Kg), Na (12,5 g/Kg), Fe (1,97 g/Kg), Cu (6,6 mg/Kg), Zn (31,8 mg/Kg), Mn (23,8 mg/Kg), Matéria orgânica (72,58 mg/Kg).

Segundo Oliveira (2010) avalia a composição de macro e micro nutrientes da casca de coco e sugere sua utilização como adubo em compostagem com estercos e tratamento químico para remoção de tanino (SILVEIRA et al. 2002; PEREIRA et al., 2004; MESQUITA et al., 2006; BEZERRA et al., 2006a; CARVALHO et al., 2006; UCHÔA, 2013; SILVA, 2014). Sua matéria orgânica sugere aplicação como matéria prima para obtenção de Enzimas celulolíticas (produção de celulases) (OLIVEIRA, 2010), seu teor de cinzas o classifica como fonte alternativa de energia através de sua combustão ou ainda para obtenção de combustíveis renováveis (LIRA et. al., 2014; CABRAL et. al., 2017).

A casca de coco é constituída por mesocarpo (feixe de fibras) e outra fração denominada epicarpo (epiderme lisa, casca verde), que se apresenta agregada às fibras e pode ser transformada em pó. A composição química da casca de coco varia conforme a fonte, a época do ano e a quantidade de chuvas (ROSA, et. al. 2001; OLIVEIRA, 2010).

A casca de coco verde, epiderme lisa, é considerada um excelente adsorvente de metais pesados, desde que sofra tratamento químico e sua estrutura física seja alterada (PINO 2005; SOUSA 2007; RODRIGUES et al. 2008; OLIVEIRA 2010; MAGALHÃES et al. 2011; SILVA et al. 2013; LUZARDO et al. 2015).

A adsorção de metais tóxicos por biomassas é um técnica sustentável que vêm sendo estudada entre pesquisadores (EWECHAROEN et al., 2008; SAEED et. al., 2005; PANDA et al., 2007; KUMAR et. al., 2011; SUDHA et. al., 2015; RAVAL et al., 2016).

A utilização do coco verde como material adsorvente, apresenta grande potencial devido ao seu elevado teor de matéria orgânica (-OH, -NH, -CH, -COO, -COO, -C=O, -CN, -P=O, -P-OH, - P-O-C) composta principalmente por lignina, cerca de 35 -45%, e celulose, cerca de 23 -43 % (PINO, 2005). A celulose e a lignina são biopolímeros reconhecidamente associados à remoção de metais pesados (HUNT, 1986; GABALLAH, 1994; GABALLAH, 1997). A celulose é definida como um polímero de cadeia de glicose, assim elevados conteúdos de glicose representam elevados teores de celulose, de forma similar que elevados conteúdos de xilose indicam elevados teores de hemicelulose. A lignina é uma sustância que age como aglutinante mantendo as cadeias de celulose unidas, a combinação das duas confere as plantas resistências e flexibilidade (GOMES, 2000).

O coco verde é um vegetal proveniente da família Arecaceae (Cocos nucifera (L.) Arecaceae) e popularmente conhecido como coco-da-bahia ou coco-da-praia (LIMA, 2015). Assim como em outros vegetais, sua parede celular age naturalmente como uma proteção física contra microrganismos que sintetizam enzimas hidrolíticas que promovem o rompimento das fibras da parede celular vegetal (SOUSA et al., 2009).

Substratos relacionados com fatores que afetam a digestibilidade enzimática são normalmente associados a uma macro-escala, com a porosidade da parede celular e o tamanho da partícula da biomassa lignocelulósica. Em micro-escala, esses fatores estão associados à *cristalinidade da celulose* e ao grau de polimerização, ramificações das cadeias hemicelulósicas, composição da lignina, entre outros. Uma mudança nestas propriedades físico-químicas relacionadas a parede celular vegetal, pode ser feita através de uma etapa de pré-tratamento, como por exemplo a ativação alcalina/ácida na biomassa (SOUSA et al., 2009).

Segundo Araújo (2016) tratamento químicos ácidos e alcalinos em cascas de coco verde promovem a ruptura do complexo lignina-celulose-hemicelulose, bem como a remoção de cada uma destas frações através da técnicas de pré-tratamento por deslignificação, no qual a remoção da lignina e hemicelulose promove a redução da cristalinidade da celulose e, consequentemente, aumento da porosidade do material. O tratamento químico, uma deslignificação por ativação alcalina/ácida, aplicada por Sousa (2007) em pó de casca de coco verde, para avaliar interferência na adsorção de metais pelo pó, resultou numa superfície do material tratado composta de poros com faixa de diâmetro menor que o material in natura, o que favoreceu a uma melhor retenção dos íons metálicos, devido a uma maior área superficial de contato.

A celulose, um homopolissacarídeo de cadeia linear, é uma moléculasimples presente na parede celular de vegetais, que consiste de um conjunto de anéis de β-D glicopiranose unidas por ligações do tipo β-D (1-4) glicosídicas. Essas ligações favorecem o crescimento linear da cadeia conferindo insolubilidade em água, considerável grau de cristalinidade, elevada massa molecular e estrutura rígida (SAXENA; BROWN, 2008).

As hemiceluloses são o segundo grupo polissacarídico o mais abundante na natureza depois da celulose e, dependendo do tecido, são res ponsáveis por 10-30% da biomassa seca de um tecido (SCHADEL et al., 2010). Geralmente, as hemiceluloses são depositadas na parede celular em estágio anterior a lignificação, assemelhando-se, estruturalmente, mais com a celulose do que com a lignina. O agregado celulose/hemicelulose confere rigidez às paredes celulares (CHENG et al., 2009).

A lignina é uma substância amorfa, de natureza aromática e muito complexa, e faz parte da parede celular e da lamela média dos vegetais. Pode ser definida como um material polifenólico amorfo com estrutura tridimensional baseada em três precursores monoméricos: os álcoois coniferílico, sinapílico e p-cumarílico (DENCE & LIN, 1992).

A região amorfa da casca de coco verde diz respeito à uma estrutura formada por arranjos atômicos aleatórios e sem simetria ou ordenação de longo alcance. A região cristalina está relacionada à organização dos átomos de forma geométrica. A partir da aplicação na casca de coco verde de um pré-tratamento químico, a **hidrólise ácida** tem por finalidade a solubilização da hemicelulose do material e a **hidrólise alcalina** auxilia na solubilização e extração da lignina presente na biomassa, aumentando a superfície interna e diminuindo o grau de polimerização e cristalinidade (ARAÚJO, 2016).

O índice de cristalinidade (ICr) trata-se de um método empírico desenvolvido por Segal L. et. al. (1959), para determinar a cristalinidade da celulose nativa utilizando um difratômetro de raios X usando as técnicas de focalização e transmissão. O "índice de cristalinidade" dos raios X é correlacionado com a cristalinidade da hidrólise ácida, a recuperação da umidade, a densidade, o grau de nivelamento dos valores de polimerização e os valores de absorbância no infravermelho para mais de 40 amostras, com erro padrão de 6,5%. Desde do desenvolvimento da formula, diversos autores a utilizam para determiner o índice de cristalinidade de materias lignocelulósicos (RABELO, 2008; YOSHIDA, 2008; RUIZ, 2011; GABHANE *et al.*, 2011; GONÇALVES, 2014).

O objetivo deste trabalho foi obter o pó de côco verde e ativar alcalina/ácida para melhorar as suas características para a adsorção do níquel.

2. METODOLOGIA

O método proposto neste trabalho é apresentado nas etapas do fluxograma do processo de produção do pó de casca de coco verde (Figura 1).

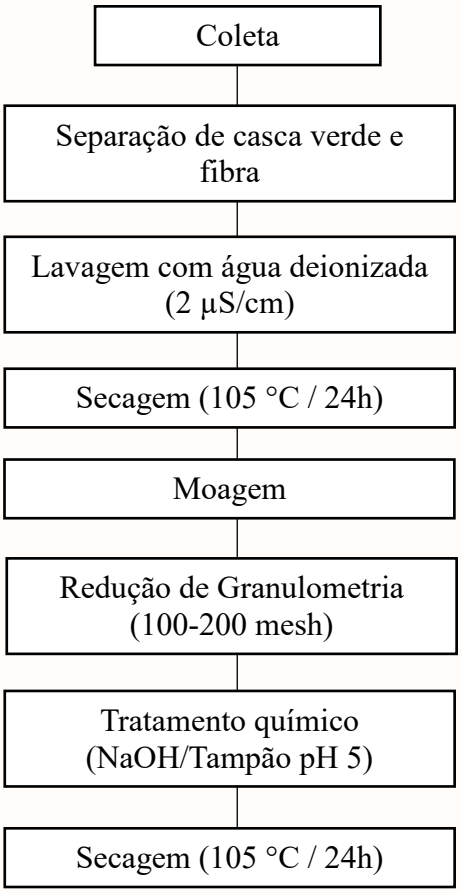


Figura 1 - Fluxograma do Processo de Produção do Pó de casca de coco verde.

Fonte: O autor, 2019.

2.1 Produção do pó de casca de coco verde

O pó de casca de coco verde foi produzido por meio da adaptação de OLIVEIRA, 2010. Os cocos verdes in natura foram coletados na COCO BOM Ltda, localizada em Campina Grande. Em seguida as cascas de 5 cocos verdes sofreram as seguintes etapas para obtenção do pó: separação por corte da casca verde (epicarpo) e das fibras (mesocarpo), seleção das cascas verdes, lavagem com água deinonizada 2 µS/cm para remoção de impurezas superficiais, secagem em estufa convencional QUIMIS Q317M-32, à 105,3°C por

24h (procedimento padrão do Instituto Adolfo Luiz (2008) para secagem de alimentos em estufa convencional), seguida de repouso das cascas secas em dessecador a vácuo por 20 minutos e medição do teor de umidade em balança com infravermelho Marte ID 200. A secagem e foi realizada em triplicata.

Em seguida as cascas secas sofreram moagem em moinho de rotor e separação granulométrica utilizando conjunto de tamises de 45 mesh, 80 mesh, 100 mesh, 200 mesh e 1 panela. A granulometria de 100-200 mesh de pó de casca de coco verde produzida, foi coletada e armazenada em saco hermético até os experimentos de tratamento químico (Figura 2a). Uma porção do pó in natura foi armazenada para posteriores análises de DRX E FTR.

2.2 Tratamento químico e teor de umidade

As frações separadas em faixas granulométricas de 100-200 mesh foram ativadas com soluções alcalinas (NaOH 1,5 mol/L) por 3h à temperatura ambiente. Posteriormente foram lavadas em sistema de filtração com água deionizada 2 µS/cm, seguida de solução tampão de ácido acético/acetato de sódio (pH 5,0), novamente com água deionizada 2 µS/cm e colocadas para secar novamente à temperatura de 105,3ºC por 24h. Em seguida, as frações foram deixadas no dessecador a vácuo até atingirem temperatura ambiente. Ao atingirem temperatura ambiente, foram armazenadas em sacos herméticos até a realização dos experimentos de teor de umidade (Figura 2b).

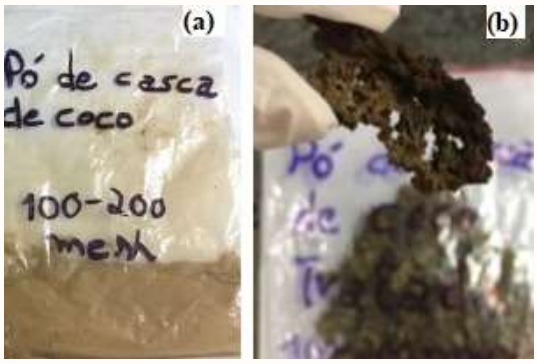


Figura 2 – Pó de casca de coco verde in natura - PCCV (a) e Pó de casca de coco verde pós-ativação alcalina/ácida – APCCV (b).

O teor de umidade do pó foi novamente determinado utilizando uma Balança de infravermelho Marte ID 200. Na sequência o pó foi aplicado à um resíduo oriundo de processo de niquelagem com concentração de Níquel (Ni^{2+}) de 10.940,0 ppm, em sistema de

adsorção batelada com agitação por 3h em um Shaker TS-2000A VDRL. O sistema foi testado em triplicata e a biomassa residual oriunda de uma amostragem dos 3 testes, foi seca em estufa com circulação de ar à 100°C por 24h. A biomassa seca foi armazenada em sacos herméticos até a realizaçãos dos testes de DRX e FRX.

2.3 Difração de Raios - X (DRX) e Icr (Índice de Cristalinidade)

A análise de Difração de Raios – X (DRX) foi realizada nos materiais lignocelulósicos (pó de casca de coco verde) in natura e pré-tratados, utilizando o Difratômetro Shimadzu XRD – 6000, com radiação CuKα e método de Varredura com uma velocidade de 2º(2θ)/min, com ângulo 2θ percorrido de 0 a 35°.

O índice de cristalinidade (ICr) foi determinado de acordo com a Equação 2.2, segundo Segal L. et. al. (1959):

$$ICr = \frac{(Ic - Iam)}{Ic} * 100 \qquad \text{Equação 2.1}$$

Sendo:

ICr = Índice de cristalinidade (%);

I_C = intensidade do pico de posição 2θ (22,58°, é a intensidade máxima (em unidades arbitrárias) de difração da estrutura;

I_{am} = intensidade do pico 2θ (18,7°), é a intensidade de difração amorfa nas mesmas unidades.

2.4 Espectrômetro de Fluorescência de Raios – X (FRX)

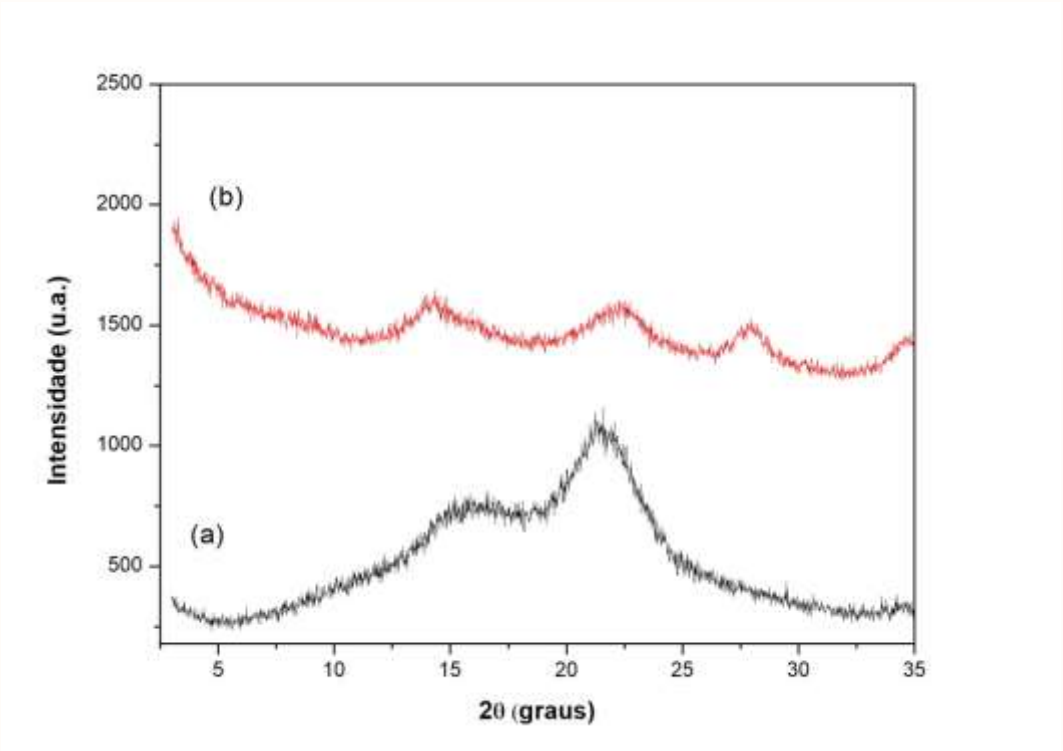
A avaliação da composição do pó da casca de coco verde foi realizada pela técnica FRX. Foi utilizado um espectofotômetro de raios X por energia dispersiva BRUKER S2 Ranger, sendo determinada a composição mineral do sólido, in natura e após tratamento químico, com aplicação do pó tratado em resíduo de niquelagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Difração de Raios - X (DRX) e ICr (Índice de Cristalinidade)

A Figura 3 ilustra o difratograma obtido por difração de raios-X para o pó de casca de coco verde *in natura* (PCCV) e pós-ativação alcalina/ácida aplicado a adsorção de níquel no resíduo de um processo de niquelagem (APCCV).

Figura 3 – Difratograma de raios-X para as amostras PCCV (a) e APCCV (b).



Fonte: O autor, 2019.

Para a amostra PCCV, pode ser observado na Figura 3a, que a estrutura física amorfa é predominante na região de varredura 2θ analisada (0° a 35°) em teste DRX, com apenas 1 pico de intensidade máxima (em unidades arbitrárias) em 22,58°, de difração da estrutura, estando em concordância com resultados encontrados na literatura (ARAÚJO, 2016; GONÇALVES, 2014). Este efeito pode ser explicado pela lignina e hemicellulose amorfas, pertencerem a composição da casca de coco verde, ou seja, a biomassa é rica em material lignocelulósico e, consequentemente, resulta em uma predominância da estrutura amorfa à cristalina (GONÇALVES, 2014).

Para a amostra APCCV evidencia-se que ocorreu modificação estrutural conforme verifica-se no DRX, conforme Figura 3b.

Para verificar o índice de cristalinidade foi utilizada a Equação 2.1 do índice de cristalinidade (Segal, 1959), com base nos valores de intensidade obtidos para os respectivos ângulos de 22,58° e 18,7° a partir do DRX (Figura 3). Esses valores são reportados na Tabela 1.

Tabela 1 – Índice de cristalinidade para o material lignocelulósico PCCV e do APCCV.

Tratamento/condição	**ICr (%)**
PCCV *(In natura)*	23,80
APCCV (Alcalino/Ácido)	14,40

Fonte: O autor, 2019.

Conforme apresentado na Tabela 1, os resultados do índice de cristalinidade foram 23,80 % para amostra PCCV e 14,40 % para a amostra APCCV, conforme a literatura Wei e Cheng (1985) e Guedes (2010), devido ao tratamento físico (redução de granulometria) aplicado a casca de coco verde e tratamento químico (ativação alcalina/ácida) aplicado ao pó de casca de coco verde. Consta-se uma redução no valor do índice de cristalinidade.

O tratamento físico aplicado a casca de coco verde, a moagem das cascas e redução da granulometria à faixa de 100-200 mesh, foi um dos interferentes na redução do teor de cristalinidade da celulose da biomassa. A moagem (corte da biomassa lignocelulósica em pequenos pedaços) é um pré-tratamento mecânico da lignocelulose. O objetivo deste pré-tratamento é a redução da dimensão das partículas e da cristalinidade. Este processo conduz a um aumento da superfície específica de contato disponível e uma redução do grau de polimerização (HENDRIKS & ZEEMAN, 2009).

O aumento da superfície de contato pela redução de granulometria também é favorável a adsorção de metais, como foi verificado por Pino (2005), Sousa (2007) e Oliveira (2010), que avaliaram sistemas de adsorção de metais pesados pela biomassa.

Um dos objetivos do pré-tratamento químico (ativação alcalina/ácida) é reduzir a cristalinidade do material lignocelulósico, o pré-tratamento alcalino, favorece a remoção da fração de lignina (TAHERZADEH & KARIMI, 2008).

O tratamento com NaOH diluído de materiais lignocelulósicos causa intumescimento, levando a um aumento na superfície interna, uma diminuição do grau de polimerização, uma

diminuição na cristalinidade da celulose, a separação das relações estruturais entre a lignina e a celulose, e rompimento da estrutura da lignina. Desse modo, estas reações ajudam a solubilizar e extrair lignina da biomassa (GUEDES, 2010). O pré-tratamento ácido está voltado, principalmente, para a remoção da hemicelulose presente na estrutura dos materiais lignocelulósicos aumentando, dessa forma, a acessibilidade das enzimas à celulose (SUN & CHENG, 2002).

Em Sousa (2007), que avaliou adsorção de níquel pela biomassa pó de casca de coco verde, o tratamento químico alcalino com NaOH 0,1 $mol.L^{-1}$/ 3h (a deslignificação), em pó de de granulometria 60-99mesh, resultou numa superfície do material tratado composta de poros com faixa de diâmetro menor que o material natural, o que favoreceu uma melhor retenção dos íons metálicos, devido a uma maior área superficial de contato.

Esse tipo de pré-tratamento, com o hidróxido de cálcio (cal), amônia ou hidróxido de sódio (NaOH), visa especificamente quebrar as ligações dos grupos acetil da hemicelulose e éster-carboidratos da lignina, promovendo, assim, uma expansão da biomassa, de modo que a cristalinidade da celulose decresce, enquanto ocorre um incremento da superfície específica de contato e da porosidade da mesma. Sendo assim, estas reações ajudam a solubilizar e extrair lignina da biomassa (Sousa et al., 2009).

Segundo Sousa (2007), um tratamento químico com H_2O_2 1,0M/3h aplicado a um pó de casca de coco verde resultou numa biomassa com capacidade de adsorção de 3,01 mg/g de Pb^{2+}, 2,26 mg/g de Ni^{2+}, 3,08 mg/g de Cd^{2+}, 1,57 mg/g de Zn^{2+} e de 2,37 mg/g de Cu^{2+} das soluções de 1000 mg/L destes metais, enquanto que um tratamento químico com NaOH 1,0M/3h seguido de tratamento com solução tampão com valor de pH 5, resultou numa biomassa com maior capacidade de adsorção em quatro metais dos respectivos testes: 3,01 mg/g de Pb^{2+}, 3,17 mg/g de Ni^{2+}, 3,68 mg/g de Cd^{2+}, 2,50 mg/g de Zn^{2+} e 2,64 mg/g de Cu^{2+}, dentre eles o níquel se destaca como o metal mais adsorvido.

Diante das perspectivas apresentadas, o pó de casca de coco verde produzido e que passou por um tratamento químico semelhante ao destes autores que obtiveram eficiência na remoção de metais, está apto ao teste de adsorção de níquel em resíduo de niquelagem, visto que apresentou redução no índice de cristalinidade após tratamento químico e foi tratado com solução alcalina capaz de adsorver maior concentração de Níquel, comparado aos outros tratamentos que poderiam ser realizados e interferissem na cristalinidade do material (PINO, 2005; SOUSA, 2007; OLIVEIRA, 2010; ARAÚJO, 2016; WEI E CHENG, 1985; GUEDES 2010).

3.2 Espectrômetro de Fluorescência de Raios – X (FRX) e Teor de umidade

A avaliação da capacidade de adsorção do pó de casca de coco verde produzido e tratado quimicamente foi realizada pela determinação da composição mineral do pó in natura e do pó pré-tratado aplicado à um sistema de adsorção de níquel presente em resíduo de uma niquelagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização físico-química do PCCV e do APCCV.

Composição (%)	PCCV (%)	APCCV (%)
K_2O	18,60	0,16
CaO	17,17	0,22
Na_2O	15,80	<LD
MgO	13,80	0,80
SO_3	8,42	6,39
SiO_2	8,19	0,77
Cl	6,32	0,16
P_2O_5	6,00	0,47
Al_2O_3	2,16	51,30
TiO_2	1,52	<LD
Fe_2O_3	1,33	0,26
NiO	<LD	39,03
CuO	0,12	0,15
ZnO	0,12	0,06

Legenda: *<LD: abaixo do limite de detecção.

Fonte: O autor, 2019.

A composição do pó de casca de coco verde in natura (PCCV) está em concordância com a composição apresentada na literatura pelos autores Silva (1999), Lira et. al. (2014) e Agrizzi (2017), contendo principalmente SiO_2, K_2O, CaO, P_2O_5, SO_3, Fe_2O_3, MnO, TiO_2, ZnO, CuO. Segundo Lira et. al. (2014) a casca de coco verde também apresenta Cr_2O_3, entretanto vale salientar que a composição da casca de coco verde depende muito da época do ano, quantidade de chuvas e solo de cultivo do coqueiro (ROSA, et. al. 2001; OLIVEIRA, 2010).

A casca de coco, apresentou composição natural dos coqueiros Cocos Nucifera (L) da família Arecaceae do Nordeste quando comparado ao pó de casca de coco verde produzido pela Embrapa do Ceará (SILVA, 1999; PINO, 2005; SOUSA,2007; ROSA et. al., 2001; OLIVEIRA, 2010).

Nos resultados obtidos para a amostra PCCV, apresentados na Tabela 2, também pode-se observar a presença representativa dos elementos Cl (6,32%), K_2O (18,60%), MgO (13,80%), Na_2O (15,80%) e CaO (17,17%) espécies naturais presentes na casca de coco, que podem influenciar em processos de troca iônica. Observa-se também uma grande quantidade de silício, provavelmente devido á um grande conteúdo de SiO_2 (8,19%). o que implica em um material com uma boa resistência mecânica e um teor de cinzas considerável (PINO, 2005).

Os óxidos e seus referidos teores de concentração mássica, em função da análise técnica de FRX, de ZnO (0,12%), CuO (0,12%), PbO (0,07%), ZrO_2 (0,05%), foram considerados como impurezas pelo baixo teor de concentração na composição total.

Na amostra APCCV, observa-se nos resultados apresentados na Tabela 2, a redução na composição dos elementos de Cl (0,16%), K_2O (0,16%), MgO (13,80%), Na_2O (<LD) e CaO (0,22%) presentes naturalmente no pó de casca de coco pós-ativação alcalina/ácida, indicando uma possível troca iônica entre estes elementos na superfície das partículas após aplicação do tratamento químico.

A amostra APCCV, foi aplicada à um resíduo oriundo de processo de niquelagem com concentração de Níquel (Ni^{2+}) de 10.938,0 mg/L, concentração elevada em redíduo específico de determinados processos industriais que são discutidos na literatura (SOUSA, 2007; BENVENUTI, 2012; GALLINDO, 2018).

O teor de umidade do PCCV é de 5 % e do APCCV de 18 %. A umidade foi determinada apenas para avaliar se foi alcançada a percentagem utilizada na literatura de 20 % para testes de adsorção de níquel e foi observada que apenas após a aplicação do tratamento químico, a umidade se aproxima de 20 % (SILVA, 1999; PINO, 2005; SOUSA, 2007).

Pode-se identificar íons de Ni^{2+} de 39,03 % na forma de NiO e na composição in natura a concentração de NiO foi abaixo do limite de detecção (<LD). Isto comprova a presença do níquel nas partículas do pó de casca de coco após o processo de adsorção, evidenciando a eficiência do processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do teor de umidade do pó de côco verde in natura (PCCV) foi de 5 % e após ativação alcalina/ácida (APCCV) foi de 18%. Baseado nos resultados obtidos por DRX foi possível identificar estrutura amorfa como predominante nas duas amostras (PCCV e APCCV) e redução no índice de cristalinidade. A partir dos resultados obtidos por FRX verifica-se a presença do Ni na amostra ativada APCCV, indicando a eficiência do processo realizado.

5. REFERÊNCIAS

ABIR, Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas. Inovação na indústria amplia acesso à água de coco (reportagem de 26/02/2019). Disponível em: <https://abir.org.br/inovacao-na-industria-amplia-acesso-a-agua-de-coco/>. Acesso feito em: 05 de Julho de 2019.

ARAÚJO, C. K. C. Avaliação da influência de surfactantes químico e biológico na hidrólise enzimática da casca do coco verde após pré-tratamento ácido/alcalino e com peróxido de hidrogênio alcalino. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (UFRN), 2016.

AGRIZZI, Tiago. Pirólise da casca de coco: estudo da cinética de volatilização e identificação dos produtos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2017.

BENVENUTI, T. Avaliação da eletrodiálise no tratamento de efluentes de processos de eletrodeposição de níquel. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2012.

BEZERRA, F.C.; LIMA, A.V.R. dos; ARAÚJO, D.B.; CAVALCANTI JÚNIOR, A.T. Produção de mudas de Tagetes erecta em substratos à base de casca de coco verde. In: V Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (V ENSUB), Ilhéus, BA, p.130, 2006.

CABRAL, M. M. S.; ABUD, A. K. S.; ROCHA, M. S. R. S.; ALMEIDA, R. M. R. G.; GOMES, M. A. Composição da fibra da casca de coco verde in natura e após pré-tratamentos químicos. ENGEVISTA, V. 19, n.1, p. 99-108, 2017.

CARVALHO, A.C.P.P., BOMFIM, G.V., BEZERRA, F.C., AZEVEDO, B.M., VIANA, T.V.A., OLIVEIRA, K.M.A. Aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental em função de distintos tipos de substratos. In: V Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (V ENSUB), Ilhéus, BA, p.132, 2006.

CHENG, G.; DUAN, X.; JIANG, Y.; SUN J.; YANG, S.; YANG, B.; HE, S.; LIANG, H.; LUO, Y. Modification of hemicellulose polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit. *Food Chemistry*, n.115, p.43–47, 2009.

DENCE, C. W.; LIN, S. Y.; Methods in Lignin Chemistry. New York: Springer Verlag, 1992.

EUROMONITOR, a consultoria de mercado internacional. Disponível em: <https://www.euromonitor.com/>. Acesso feito em: 01 de Julho de 2019.

EWECHAROEN, A.; THIRAVETYAN, P.; NAKBANPOTE, W. Comparison of nickel adsorption from electroplating rinse water by coir pith and modified coir pith. Chem. Eng. J. 137, 181-188, 2008.

GALLINDO, 2018. Testes de desenvolvimento de niquelagem em escala laboratorial para fins de tratamento do resíduo por adsorção de níquel em pó de casca de coco verde. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Campina Grande - PB, 2018.

GABALLAH, I.; KILBERTUS, G.; Elimination of As, Hg and Zn from synthetic solutions and industrial effluents using modified barks, In: Misra, M. (ed.), Separation process: Heavy metals, ions and minerals , The minerals, Metals & Materials Society, 1994.

GABALLAH, I.; GOY, D.; ALLAIN, E.; KILBERTUS, G.; THAURONT, J.; Recovery of copper through decontamination of synthetic solutions using modified barks, Metallurgical and Materials Transactions B , v. 28B, p. 13-23, 1997.

GABHANE, J.; PRINCE WILLIAM, S. P. M.; VAIDYA, A. N.; MAHAPATRA, K.; CHAKRABARTI, T. Influence os heating source on the efficacy of lignocellulosic pretreatment – A cellulosic ethanol perspective. *Biomass & Bioenergy*, v. 35, p. 96-102, 2011.

GOMES, L.M.B. Remoção do cádmio de soluções aquosas utilizando fibra de coco da baia visando o tratamento de efluentes, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2000.

GONÇALVES, F. A.; RUIZ, H. A.; NOGUEIRA, C. C.; SANTOS, E. S.; TEIXEIRA, J. A.; MACEDO, G. R. Comparison of delignified coconuts waste and cactos for fuel-ethanol production by the simultaneous and semi-simultaneous saccharification and fermentation strategies. *Fuel*, v. 131, p. 66-76, 2014.

GUEDES, R. C. *Estudo da influência de pré-tratamentos de dois resíduos lignocelulósicos (Bagaço do pedúnculo de caju e casca de coco) utilizados como substrato na indução à síntese de enzimas celulolíticas*. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2010.

HENDRIKS, A.T.W.M.; ZEEMAN, G. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass: a review. *Bioresource Technology*, n.100, p.10-18, 2009.

HUNT, S. Diversity of biopolymer structure and its potential for ion -binding applications, In:

Immobilization of Ions by bio -sorption , Ed. H. Eccles and S. Hunt, Ellis Horwood Limited publishers, 1986.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020.

JORNAL ESTADUAL DE MINAS. Reportagem: A sede por água de coco estimula produção brasileira. Divulgada em 11/04/2018. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2018/04/11/interna_internacional,950855/a-sede-por-agua-de-coco-estimula-producao-brasileira.shtml>. Acesso feito em: 01 de Julho de 2019.

LIMA, E.B.C; SOUSA, C.N.S; MENESES, L..N.; XIMENES, N.C.; SANTOS JÚNIOR, M.A.; VASCONCELOS, G.S.; LIMA, N.B.C.; PATROCÍNIO, M.C.A.; MACEDO, D.; VASCONCELOS, S.M.M. Cocos nucifera (L.) (Arecaceae): A phytochemical and pharmacological review. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v.48, n.11, p.953–964, 2015.

LIRA , J. O. B.; SILVA, K. C. G.; ANDERSEN, S. L. F. Estudo das características de combustão de resíduos sólidos da região nordeste utilizando análise termogravimétrica. Anais XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), Florianópolis, Santa Caratina, 2014.

LUZARDO, M. H. Francisco; VELASCO, G. Fermin; ALVES, P. Clemildes; CORREIA, S. K. Ivea; CAZORLA, L. Lázaro. Chemical characterization of agroforestry solid residues aiming its utilization as adsorbents for metals in water. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.1, p.77–83, 2015.

MAGALHÃES, P. H. Hugo; FERNANDES, A. Márcia; NEVES, Silva. Utilization of green coconut pericarp (Cocos nucifera L. - Arecaceae) to remove chromium (VI) ions residues in aqueous solutions. P erspectivas da Ciência e Tecnologia, v.3, n. ½, 2011.

MESQUITA, R. O.; LIMA, F.F.; BEZERRA, M.A.; BEZERRA, F.C.; Emergência e crescimento de plântulas de cajueiro anão precoce em substratos à base de pó de coco verde. In: V Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (V ENSUB), Ilhéus, BA, p.150, 2006.

KUMAR, P.S. Adsorption behavior of nickel(II) onto cashew nut shell: equilibrium, thermodynamics, kinetics, mechanism and process design. Chem. Eng. J. 167, 122-131, 2011.

OLIVEIRA, R. L. Simone. Aproveitamento da casca de coco verde (Cocos nucifera L.) para produção de celulases. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

PANDA, G.C. Adsorption of nickel on husk of Lathyrus sativus: behavior and binding mechanism. Colloids Surf. B Biointerfaces v.57, p. 135-142, 2007.

PEREIRA, N.S.; BEZERRA, F.C.; ROSA, M. de F. Produção de mudas de quiabeiro

(Abelmoschus esculentus L. Moench) em substratos á base de pó de casca de coco verde. Revista Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.2, p.358, 2004.

PINO, G. A. Biossorção de Metais Pesados Utilizando Pó da Casca de Coco Verde (Cocos nucifera).Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

RABELO, S. C.; FILHO, R. M.; COSTA, A. C. A Comparison between Lime and Alkaline Hydrogen Peroxide Pretreatments of Sugarcane Bagasse for Ethanol Production. Applied Biochem Biotechnol, v. 148, p.45–58, 2008.

RAVAL, Nirav P. Shah. Adsorptive removal of nickel(II) ions from aqueous environment: A review. Journal of Environmental Management v.179, p.1-20, 2016.

RODRIGUES, Sueli; PINTO, A.S. Gustavo; FERNANDES, A. N. Fabiano. Optimization of ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (Cocos nucifera) shell powder by response surface methodology. Ultrasonics Sonochemistry, v.15, p.95–100, 2008.

ROSA, M.F. *Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Comunicado técnico, n. 54).

RUIZ, H. A.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P.; SILVA, F. F. M.; VICENTE, A. A.; TEXEIRA, J. A. Development and Characterization of an Environmentally Friendly Process Sequence (Autohydrolysis and Organosolv) for Wheat Straw Delignification. Applied Biochem Biotechnol v.164, p. 629–641, 2011.

SAEED, A.; AKHTER, M. W.; IQBAL, M.. Removal and recovery of heavy metal from aqueous solution using papaya wood as a new biosorbent. Separation and purification technology, v. 45, p. 25-31, 2005.

SAXENA, I. M.; BROWN, R. M., Jr. Biochemistry and molecular biology of cellulose biosynthesis in plants: prospects for genetic engineering. Advances in plant biochemistry and molecular biology. Austin: Elsevier, 2008. v.1, Capítulo 6, p.135-160.

SCHÄDEL, C.; BLÖCHL, A.; RICHTER, A.; HOCH, G. Quan tification and monosaccharide composition of hemicelluloses from different plant functional types. *Plant Physiology and Biochemistry*, n.48, p.1–8, 2010.

SEGAL, L.; CREELY, J. J.; MARTIN Jr, A. E.; CONRAD, C. M. An Empirical Method for Estimating the Degree of Crystallinity of Native Cellulose Using the X-Ray Diffractometer. Textile Research Journal, p. 786-794, 1959.

SOUSA, W. Francisco. Adsorção de Metais Tóxicos em Efluente Aquoso Usando Pó da Casca de Coco Verde Tratado. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2007.

SOUSA, L. C.; CHUNDAWAT, S. PS; BALAN, V.; DALE, B. E. 'Cradle-to-grave' assessment of existing lignocelluloses pretreatment technologies. *Current Opinion in Biotechnology*, n.20, p.339–347, 2009.

SILVA, Kaio; REZENDE, Luciana; SILVA, Cynthia; BERGAMASCO, Rosângela; GONÇALVES, Davana. Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas. ENGEVISTA, V. 15, n. 1. p. 43-50, 2013.

SILVA, A. C. Reaproveitamento da casca de coco verde. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5, p.4077-4086, 2014. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 370 p., 1999.

SILVEIRA, E.B.; RODRIGUES, V.J.L.B.; GOMES, A.M.A.; MARIANO, R.L.R; MESQUITA, J.C.P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n. 2, p. 211-216, 2002.

SUDHA, R. Removal of nickel(II) from aqueous solution using citrus limettioides peel and seed carbon. Ecotoxicol. Environ. Saf. 117, 115-123, 2015.

SUN, Y.; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*, v. 83, p. 1-11, 2002.

TAHERZADEH, M. J.; KARIMI, K. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, v.9, p.1621-1651, 2008.

UCHÔA, T. R. Avaliação de substratos a base de casca de coco moída para a produção de mudas de maracujazeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Lagoa SECA - PB, 2013.

WEI, C. J.; CHENG, C. Y. Effect of hydrogen peroxide pretreatment on the structural features and the enzymatic hydrolysis of rice straw. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 27, p. 1418- 1426, 1985.

YOSHIDA, M.; LIU, Y.; UCHIDA, S.; KAWARADA, K.; UKAGAMI, Y.; ICHINOSE, H.; KANEKO, S.; FUKUDA, K. Effects of Cellulose Crystallinity, Hemicellulose, and Lignin on the Enzymatic Hydrolysis of Miscanthus sinensis to Monosaccharides. Biosci. Biotechnol. Biochem, v.72, n.3, p. 805–810, 2008.

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL DO ATERRO SANITÁRIO EM CAMPINA GRANDE – PB.

Renan Ítalo Leite Gurjão [1]
Cláudio Luis de Araújo Neto [2]
William de Paiva [3]

RESUMO

Os aterros sanitários são obras de engenharia que servem para a disposição ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), e por serem obras de difícil implantação, faz-se necessário sua manutenção pelo maior período possível de vida útil. A otimização da capacidade dos aterros sanitários é significante para estender a vida útil de unidades já existentes e reduzir a necessidade de novas unidade implantadas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o tempo de vida útil do Aterro Sanitário em Campina Grande-PB e projetar cenários, por meio de simulação de junções executadas entre as células do Aterro, para quantificar os volumes envolvidos na operação. Foi verificado que o Aterro Sanitário estava abaixo da expectativa de vida útil de projeto, reduzida de 25 para 11 anos, e que as junções entre células promoveriam a recuperação do tempo de vida útil a partir da terceira junção executada, que passaria a integrar as 4 células já existentes.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos, Aterros sanitários, Vida útil de projeto, Otimização.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população e o desenvolvimento industrial dos grandes centros urbanos tem como consequência o aumento da geração de resíduos, ocasionando problemas ambientais, quando não são tratados adequadamente (ARAÚJO NETO, 2016). No mundo inteiro, com algumas poucas exceções, os aterros sanitários representam a principal destinação final dos resíduos sólidos, apesar do imenso esforço em se reduzir, reutilizar e reciclar (JUCÁ, 2003). A técnica de aterro sanitário é a mais empregada nos países em desenvolvimento, pois além de apresentar um custo menor que outras técnicas (ex.: incineração), são seguros a longo prazo e possibilitam a utilização da área após a finalização de sua vida útil e suas características técnicas facilitam o controle do problema ambiental (MARIANO, 1999).

Os aterros sanitários são obras de engenharia que servem para a disposição ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). São caracterizados, segundo

[1] Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - PB, renan.ilg@gmail.com;
[2] Professor Mestre do Centro Universitário Maurício de Nassau - PB, claudioluisneto@gmail.com;
[3] Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba - PB, orientador@email.com.

a norma NBR 8419 (ABNT, 1992) como uma técnica de disposição de RSU no solo que utiliza princípios de engenharia para confiná-los e reduzi-los ao menor volume possível, minimizando os impactos ambientais de forma a não causar danos à saúde pública e à sua segurança. Para garantir o bom funcionamento desse tipo de obra, são adotadas técnicas de impermeabilização, camadas de cobertura, sistemas de drenagem, coleta e tratamento de lixiviados e gases e um sistema de monitoramento contínuo (REIS, 2018).

Embora existam outras técnicas que buscam tratar os resíduos sólidos, como a reciclagem, compostagem e a incineração, algumas dessas tecnologias tornam o tratamento dos resíduos oneroso, além de apresentarem restos não factíveis de serem eliminados, necessitando ainda o seu confinamento em aterros sanitários (ARAÚJO NETO, 2016).

A maior parte dos RSU no Brasil é disposta em aterros sanitários. No entanto, essa geração de resíduos nem sempre é acompanhada por uma destinação adequada, o que pode levar a danos ambientais de difícil remediação. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), das 196.050 toneladas de RSU coletados diariamente, 59,1% são dispostos em aterros sanitários, 22,9% em aterros controlados e 18,0% em lixões, números que segundo a ABRELPE (2010), eram de 57,6%, 24,3% e 18,1%, respectivamente.

De acordo com Jucá (2003) em várias regiões do Brasil o aterro sanitário como destinação final é praticamente inexistente. A grande dificuldade reside nos custos de operação de um aterro sanitário, que pressupõe tratamento adequado de líquidos e gases efluentes, além de todos os demais cuidados previstos nas normas técnicas.

Somando-se a isso, as recentes exigências legais, a exemplo da Lei 12.305 (BRASIL, 2010) que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), prevendo metas para eliminação e recuperação de depósitos inadequados de resíduos, têm feito com que a demanda pelos aterros sanitários aumentasse nos últimos anos, gerando a necessidade de mais aterros e de maiores capacidades.

A Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010) que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu artigo 7º inciso II estabelece como um dos objetivos a não geração, redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos, além de no artigo 3º, inciso VIII definir a destinação final ambientalmente adequada como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros. Essa condição se encontra longe da realidade, pois a partir da Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010) é fácil perceber que materiais recicláveis como os plásticos não deveriam, a priori, ser destinados aos aterros sanitários.

A construção de um aterro sanitário exige uma série de cumprimentos estabelecidos por norma, no que tange aos aspectos legais e ambientais, além da própria administração de caráter contínuo da obra, que aliás, diferencia-se das demais obras de engenharia civil por sua finalidade se estabelecer durante o período de construção.

À essas dificuldades, soma-se o fato de que nem sempre se dispõe de locais apropriados suficientemente próximos para a construção de novos aterros sanitários, o que contribui para a construção de aterros cada vez maiores em capacidade e altura. Segundo Hanson et al. (2010), dado a dificuldade crescente na obtenção de licenças e à escassez de locais adequados para a construção de novos aterros, nas últimas décadas a infraestrutura necessária para contenção dos RSU tem se consolidado com o aumento em tamanho e diminuição do número de unidades operacionais (células).

Em muitos casos, a otimização da capacidade dos aterros sanitários se torna necessária para que a vida útil do empreendimento seja mantida. Tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista ambiental as vantagens do aproveitamento dos espaços disponíveis no entorno das células de um aterro se mostram claras quando levado em consideração que não será necessária a aquisição de novos locais para implantação de novos aterros sanitários e que os resíduos continuariam limitados a uma mesma região geográfica, minimizando os aspectos de risco ambiental na eventualidade de um desastre.

Um dos fatores que influenciam na vida útil de aterros sanitários é a composição dos materiais presentes nos RSU. Segundo Farias (2014), a caracterização dos resíduos quanto a sua composição gravimétrica e volumétrica contribui para a gestão dos resíduos sólidos, uma vez que fornece informações básicas para o monitoramento e avaliação de projetos ambientais. Além disso, conhecer a composição dos resíduos permite prever o comportamento geral de um aterro sanitário, em vista que os parâmetros geotécnicos são definidos pelos materiais que existam em maior quantidade no maciço.

Outro fator que influencia na vida útil de um aterro sanitário é o peso específico dos resíduos depositados, pois sendo a razão entre a quantidade de RSU por unidade de volume, seu valor indica a maior ou menor a capacidade de disposição de resíduos em uma célula.

Nesse sentido, dos materiais constituintes dos RSU, os plásticos ocupam uma posição de destaque. Em função de seu elevado volume em relação aos demais componentes dos RSU, mesmo após compactados, esses materiais tendem a preencher mais espaços no maciço sanitário, o que somado ao fato de serem de biodegradação lenta, passam a comprometer a vida útil dos aterros sanitários.

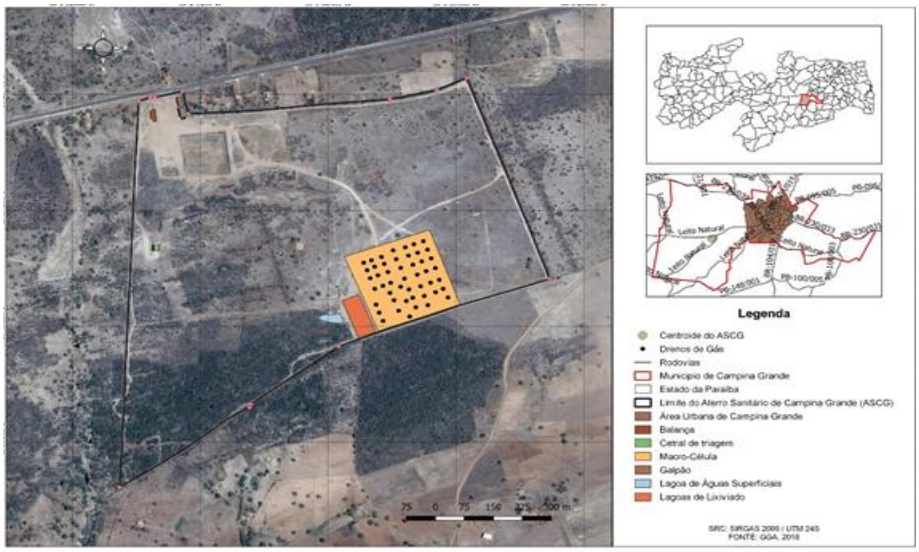
Uma outra questão é a própria disposição de espaços adequados para a implantação de aterros, uma vez que, em geral, situadas próximo aos grandes centros urbanos não se dispõe de áreas adequadas, sendo necessário o aumento de sua capacidade que pode ocorrer por alteamento das células, aumentado assim o risco de ruptura. Essa técnica de alteamento de células, apesar de resolver o problema da capacidade de RSU, implica em maior monitoramento quanto à estabilidade e segurança.

Sendo assim, é importante que seja abordado não apenas a problemática que envolve a segurança de aterros sanitários, mas também a otimização da disposição final ambientalmente adequada dos RSU. Por isso, este trabalho tem como objetivo avaliar a técnica de otimização de disposição de resíduos empregada no aterro sanitário localizado no município de Campina Grande-PB para maximização do tempo de vida útil do empreendimento.

METODOLOGIA

O Aterro Sanitário de Campina Grande (ASCG), localizado no distrito de Catolé de Boa Vista, às margens da PB-138, situa-se nas coordenadas UTM 829172 e 9194834 possui uma área de 64 ha, das quais aproximadamente 40 ha são destinados para construção das células de RSU. O Aterro Sanitário consiste em um empreendimento privado administrado pela ECOSOLO - Gestão Ambiental de Resíduos LTDA. Sua localização é apresentada na Figura 1.

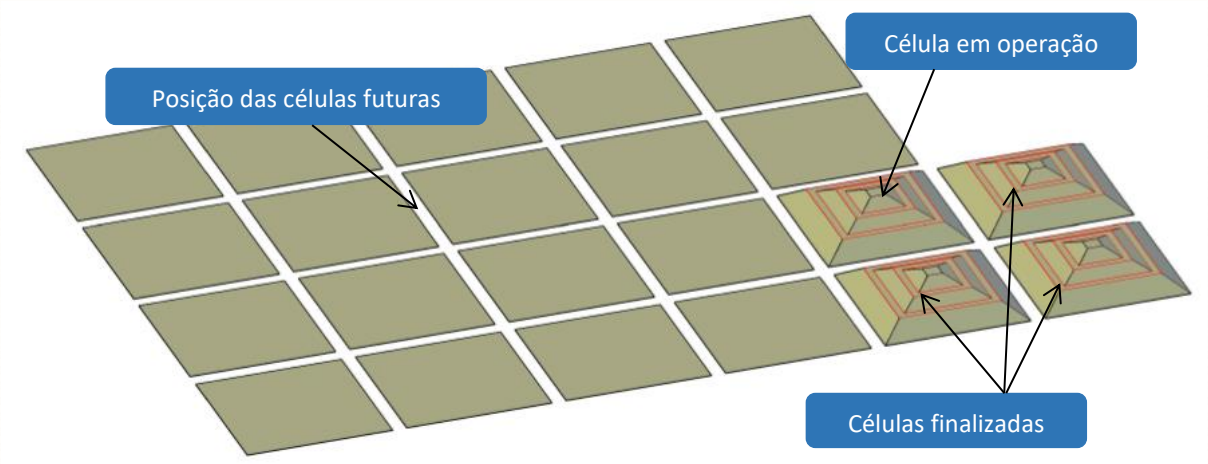
Figura 1: Localização do Aterro Sanitário de Campina Grande



Fonte: GGA/UFCG (2018)

O ASCG foi inicialmente projetado para receber uma quantidade de 350 t/dia de RSU, com uma vida útil prevista de 25 anos formado por 22 células de 21 metros de altura e 1 hectare cada. Na Figura 2 é possível observar a distribuição das células conforme concebido em projeto inicial, assim como as células já construídas finalizadas e em operação.

Figura 2: Planta de alocação das células



As células do ASCG possuem geometria piramidal, com taludes de inclinação 1:2 (H:V) e bermas de largura variável posicionadas em média a cada 5 metros de altura. O sistema de drenagem horizontal do lixiviado é no formato de espinha de peixe (Figura 3) e conta com 9 drenos verticais por célula que são responsáveis pelo transporte ascendente de gases e pelo transporte descendente do lixiviado, que atualmente é destinado para três lagoas de evaporação, conforme apresentadas na Figura 4.

Figura 3: Configuração do sistema de drenagem horizontal do Aterro Sanitário de Campina Grande



Figura 4: Lagoas de evaporação para contenção do lixiviado



O aterro sanitário apresenta um sistema de camadas de base formado por uma mistura compactada de solo e bentonita na proporção de **4:1**. O solo utilizado pertence a jazidas próximas ao aterro. Nas camadas intermediárias, que variam de 60 a 80 cm, utiliza-se o mesmo solo sem a adição de bentonita, compactado a cada turno de operação.

O Aterro Sanitário em operação passa por modificações contínuas para atender a demanda de disposição de resíduos e do tempo de vida útil estabelecido em projeto, por isso as quatro células construídas passarão por um processo de junção para compor um único maciço sanitário.

Para realizar a análise de otimização da vida útil foi necessário primeiro verificar se com o ritmo atual de disposição dos resíduos o Aterro Sanitário atenderia ao tempo previsto de projeto. Para isso, foram levantadas as datas de início e término da operação de disposição

de RSU nas células do ASCG para tornar possível a estimativa do tempo de atividade de cada uma.

Em seguida foi analisada, com base em projeções, a otimização espacial do ASCG com a execução das junções entre as células, permitindo avaliar o ganho em termos de volume que representariam para o Aterro Sanitário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos resíduos depositados no Aterro Sanitário, pode-se observar as quantidades totais das células 1 a 3, na Tabela 2.

Tabela 2: Quantidades de resíduos depositados por célula.

	Célula 01	**Célula 02**	**Célula 03**
Total de RSU (t)	80.889,87	62.359,44	129.240,01

Fonte: GGA/UFCG

Ao longo da operação do Aterro Sanitário, outros municípios começaram a depositar seus resíduos no ASCG, aumentando a quantidade de RSU de 350 t/dia para cerca de 500 t/dia. As datas de início e término da construção de cada célula podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3: Datas de início e término das células isoladas

Célula	**Início**	**Término**	**Dias**
Célula 01	07/07/2015	26/12/2015	172
Célula 02	27/12/2015	08/05/2016	139
Célula 03	09/05/2016	31/12/2016	232

Fonte: GGA/UFCG

A inclusão de mais municípios fez com que não apenas a quantidade de RSU aumentasse, mas também que a vida útil do aterro sofresse diminuição, fato que pôde ser observado pela finalização das duas primeiras células em aproximadamente 5 meses cada, e a terceira célula em 7 meses, conforme Tabela 3.

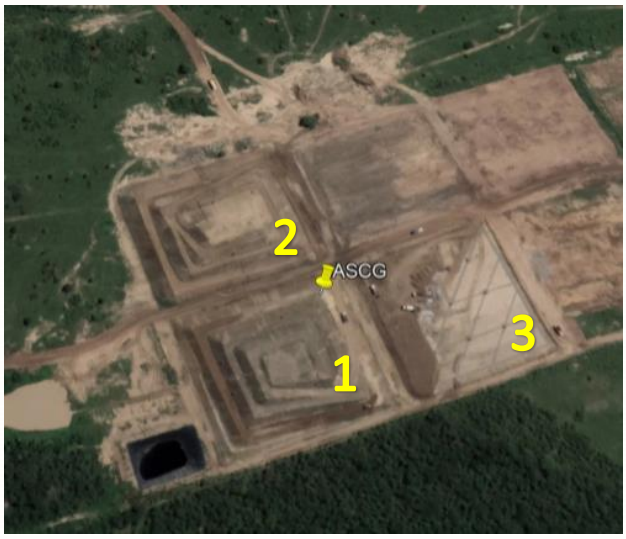
As imagens de satélite, apresentadas na Figuras 5,6 e 7, confirmam a evolução do aterro sanitário pelo período citado.

Figura 5: Vista de satélite do ASCG em abril de 2015: Construção da rede de drenagem da Célula 1



Fonte: Google Earth (2019)

Figura 6: Vista de satélite do ASCG em maio de 2016: Células 1 e 2 concluídas e início de montagem da rede de drenagem da Célula 3.



Fonte: Google Earth (2019)

Figura 7: Vista de satélite do ASCG em maio de 2017: Conclusão da Célula 3 e Célula 4 em operação.



Fonte: Google Earth (2019)

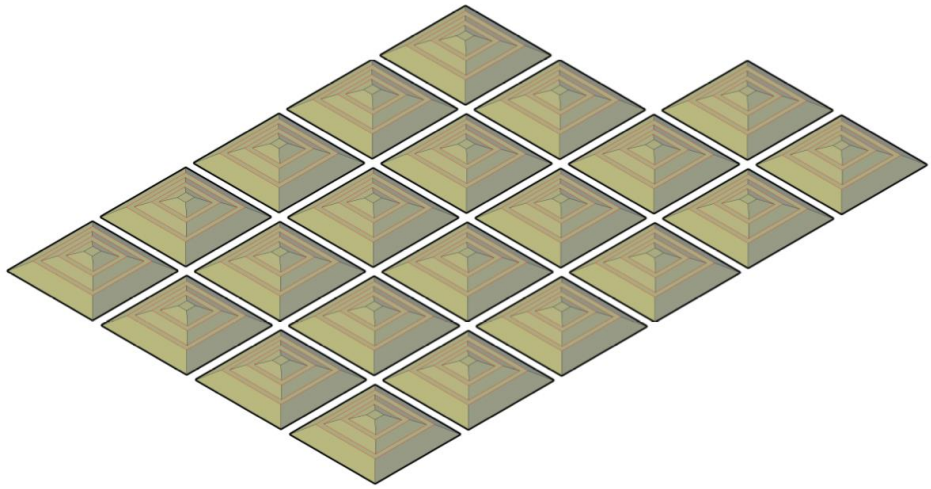
Levando em consideração que as duas primeiras células tiveram sua construção concluída em aproximadamente 1 ano, pode-se inferir que esses resultados indicam uma redução da vida útil de operação de 25 para 11 anos (0,88 células/ano para 2,0 células/ano) caso fosse dado prosseguimento ao projeto com células independentes. Embora que a Célula 3 tenha sido concluída em um período maior que as demais, se considerada a média das três células (181 dias – 6 meses) tem-se a vida útil reduzida a 2,0 células/ano, o que faz manter a perspectiva da redução do tempo de vida útil constatada.

Vale ressaltar que a Célula 3 apresentou um tempo de operação superior às Células 1 e 2 devido a alteração de sua geometria em relação ao projeto inicial, pois as bermas passaram a ser executados a cada 7 metros de altura.

De acordo com o projeto, cada célula possui uma capacidade de volume de 88.837,68 m³. A utilização das células isoladas tem por benefício o melhor controle e estudo das condições do Aterro Sanitário, bem como do seu monitoramento. Entre as células do aterro sanitário existe um espaçamento de 10 m destinado à viabilização do tráfego de veículos, como pode ser visto na Figura 8.

Em contrapartida o processo de junção das células, além de aumentar a vida útil do aterro sem causar impactos ambientais significativos por não demandar novas áreas de disposição pode favorecer a estabilidade do maciço, tendo em vista que aumenta a área da base.

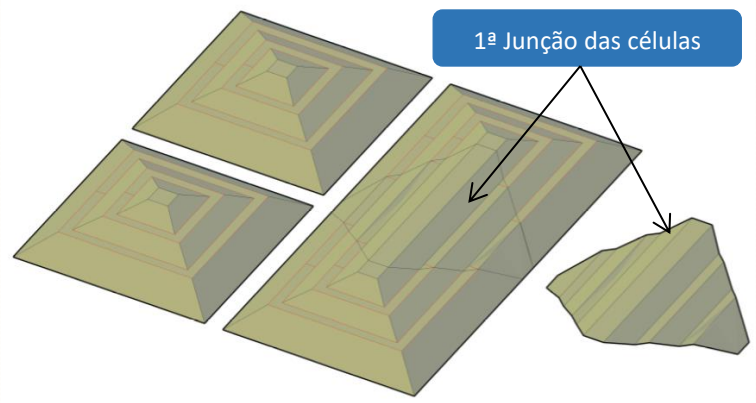
Figura 8: Configuração de projeto do ASCG



Como o Aterro Sanitário possui uma taxa de 0,88 célula/ano e uma célula corresponde a um volume de 88.837,68 m³, tem-se que o ASCG deve seguir como meta uma taxa de ocupação de 78.177,16 m³/ano. Todavia, ao diminuir sua expectativa para 2 célula/ano, a taxa de ocupação passa a ser 177.675,36 m³/ano, devendo a operação conseguir 99.498,2 m³ para manter o tempo de vida útil estabelecido.

A junção de duas células, como apresentado na Figura 9, permite que seja ocupado um volume de 42.932,94 m³, porém deixa um déficit de 56.565,26 m³ para atender o tempo de vida útil de 25 anos, levando em consideração que o aterro continuará recebendo essa quantidade de resíduos.

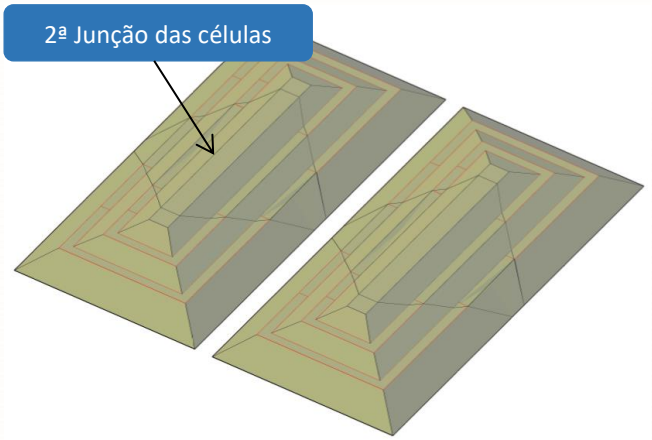
Figura 9: Junção das células 1 e 3



Caso o Aterro Sanitário mantenha a taxa de ocupação no segundo ano de operação tem-se o preenchimento de mais 177.675,36 m³, proporcionando um excedente de 99.498,2 m³, que somado ao volume excedente do ano anterior de 56.565,26 m³, totaliza 156.063,46 m³ que representariam o novo déficit de volume ocupado para que se mantenha a expectativa de vida do aterro sanitário em projeto.

A construção de uma segunda junção entre as células 2 e 4 construídas a partir do segundo ano de operação (Figura 10) representaria a redução do déficit de 156.063,46 m³ para 114.000 m³, o que mostra que a segunda junção executada ainda não seria suficiente para manter a meta de ocupação de volume por ano.

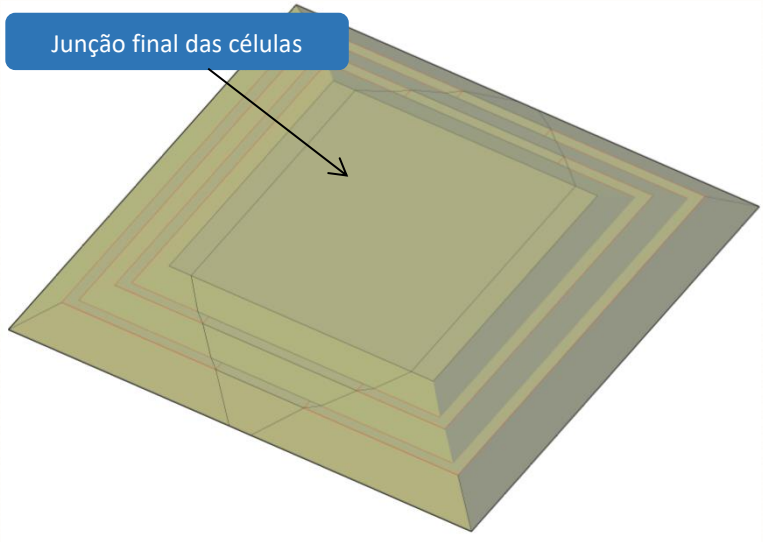
Figura 10: Quatro Células acrescidas das junções



A construção das quatro células e suas junções, como apresentado na Figura 8, permite constatar a possibilidade de execução de uma terceira junção como alternativa de utilizar todo o potencial de contenção de resíduos do espaço utilizado.

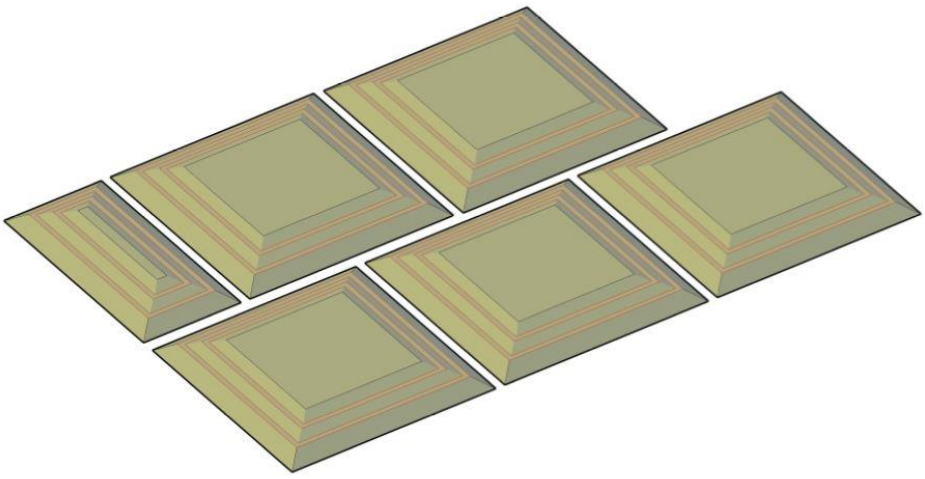
A unificação das 4 células em único maciço, como apresentado na Figura 11, quando executada a terceira e última junção entre os maciços sanitários, proporcionando um acréscimo na capacidade de disposição de volume de 156.054,44 m³, seria suficiente para cobrir o déficit de volume necessário de 114.000 m³ e incrementar 42.054,44 m³, o que proporcionaria cerca de 3 meses a mais de vida útil, mesmo com o acelerado ritmo de disposição de resíduos no aterro.

Figura 11: Terceira junção e Célula final



Ao estender o raciocínio anterior para uma projeção futura do aterro, empregando a mesma sistemática de executar junções dispondo resíduos nos espaços entre grupos de 4 células, chega-se ao esquema apresentado na Figura 12.

Figura 12: Projeção futura do aterro após junção de células

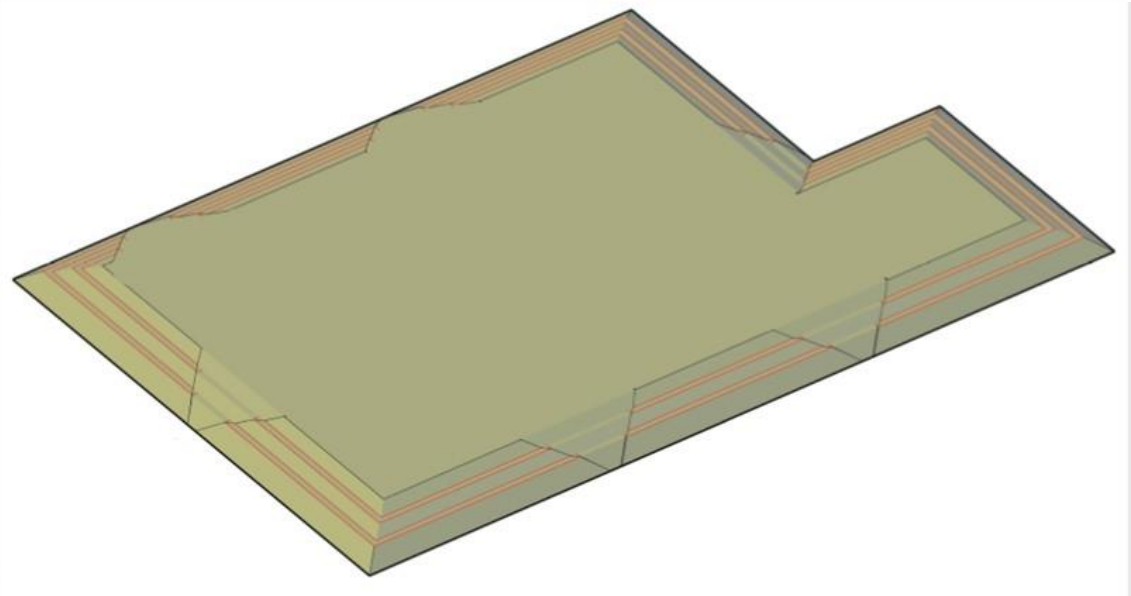


Estima-se que ao témino do processo apresentado na Figura 12, o ASCG teria a sua operação concluída em um prazo de 11 meses a mais do que o previsto, ou seja, o Aterro Sanitário teria sua duração extendida para 26 anos aproximadamente.

Quando considerada a possibilidade de utilização dos espaços entre células remanescentes presentes na Figura 12, seria possível a execução de mais 7 junções, sendo 6

delas iguais à apresentada na Figura 11 (156054,44 m³) e uma junção de volume equivalente a 220.608,3 m³ correspondente ao agrupamento de duas células, como apresentado nas Figuras 9 e 10. Na Figura 13 são apresentadas as junções executadas no Aterro Sanitário.

Figura 13:Aterro Sanitário com todas as junções concluídas



Quando contabilizado o volume total das junções realizadas na Figura 13, tem-se um montante de 1.168.934,24 m³. Com o rítmo de disposição de resíduos atual, a inclusão dos espaços destacados na Figura 13 representaria um valor de aproximadamente 6 anos e meio de operação para o Aterro Sanitário. A junção total das células do ASCG, representaria um ganho em vida útil de 26% em relação ao estipulado em projeto.

A inclusão das junções, como projetado na Figura 13, apresenta a vantagem de possibilitar o futuro alteamento do Aterro Sanitário, pois o aumento da área de base significa maior suporte para que mais RSU sejam dispostos no topo, prolongando ainda mais a vida útil do projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção de municípios após o projeto inicial ocasionou a diminuição da vida útil prevista para o Aterro Sanitário. Para atender a demanda dos municípios e a vida útil estabelecida do aterro sanitário sugere-se a unificação das células como alternativa, aproveitando os espaços existentes entre elas.

Constatou-se que a solução de utilizar os espaços entre as células formando junções só passa a solucionar o problema da vida útil do aterro a partir da terceira junção construída, que adiciona 3 meses de vida útil ao Aterro Sanitário. Quando realizadas projeções, constata-se que a inclusão de novas junções contribui significativamente para o prolongamento da vida útil do Aterro Sanitário.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos, Rio de Janeiro, 1992. 7p.

ABRELPE – Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2010. Rio de Janeiro, 2010.

ABRELPE – Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2016. Rio de Janeiro, 2017.

ARAÚJO NETO, C. L. **Análise do comportamento dos resíduos sólidos urbanos e desenvolvimento de modelos estatísticos para previsão das deformações de aterros sanitários**. 2016. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2016.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Lex: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia ambiental**. 1. Reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 248p.

BRASIL. Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Lex: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS: Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.

FARIAS, R. M. S**. Estudo dos recalques em aterros de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem experimental e estatística**. 2014. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2014.

GGA/UFCG – GRUPO DE GEOTECNIA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE.

Hanson, J. L., Yesiller, N., Von Stockhausen, S. A., Wong, W. W. Compaction characteristics of municipal solid waste. **Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering**, v. 136, n. 8, p. 1095-1102, 2010.

JUCÁ, J. F. T. **Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Em: Congresso brasileiro de geotecnia ambiental-REGEO. 2003. p. 2003.

MARIANO, M. O. H. **Recalques no aterro de resíduos sólidos da Muribeca-PE**. 1999. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

REIS, R. F. **Sistema de medição automatizado e com transmissão de dados para monitoramento de recalques em obras de aterros sanitários**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

CONCEPÇÕES DE FUTUROS PROFESSORES DE MATEMÁTICA SOBRE O ERRO DO ALUNO

José Ferreira dos Santos Júnior [1]
Pedro Lúcio Barboza [2]

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar as concepções de Futuros Professores sobre os erros dos alunos resolvendo atividades de matemática. Foi aplicado um questionário aberto e a análise dos dados foi feita por meio de uma abordagem qualitativa, buscando dar significado da maioria das respostas dos graduandos sobre o tema, que vai desde o pensamento sobre os erros dos alunos, quanto possíveis estratégias para diminuir a ocorrência deles. Abordamos também, indagações referentes ao papel do professor, quando estiverem no exercício da profissão, e se depararem com o erro do aluno, além das principais razões que levam o aluno a errar. Os resultados apresentam concepções positivas de alguns futuros professores sobre o erro do aluno, para outros, a metodologia do professor é um fator que origina o erro, e há ainda, os que argumentam culpando o aluno pelo erro, em decorrência da falta de estudos e de atenção. O material manipulável é concebido como uma das principais estratégias para superação do erro pelo aluno.

Palavras-chave: Concepções, Erros de alunos, Futuros Professores.

INTRODUÇÃO

Nesta pesquisa realizamos uma abordagem qualitativa, cujo objetivo é analisar a concepção de futuros professores sobre os erros que os alunos cometem quando estão estudando matemática. Os dados foram obtidos por meio de um questionário aplicado com 22 alunos concluintes de um curso de licenciatura em matemática de uma universidade pública.

O conceito de concepção empregado neste estudo é definido "como uma maneira própria de cada indivíduo ou de cada professor elaborar, interpretar, representar suas ideias e de agir" (MORON, 1999, p. 92). A autora arremata que a concepção é construída a partir de vivências individuais que são influenciadas por uma série de variáveis do ambiente, conhecimentos, valores, experiência prática e componente emocional.

Assim, consideramos concepção como o modo de cada pessoa compreender e interpretar a realidade a sua volta, a forma como representa e enxerga um fato ou um determinado acontecimento.

[1] Mestrando do programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, ferreirinhajunior.ferreira@gmail.com;
[2] Professor orientador: Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia - UFBA, plbcg@yahoo.com.br

O erro é parte integrante do processo de ensino e aprendizagem de todas as disciplinas. Ele fará parte de toda carreira acadêmica do aluno, desde os anos iniciais até o ensino superior. Porém, nem todos os docentes encaram o erro de forma positiva. Ao longo dos anos as pesquisas vêm avançando e mostrando o quanto o erro pode ser útil, tanto para o aluno, quanto para o professor. Mas nem sempre houve tanta preocupação com os erros, obstáculos e possíveis falhas dos alunos, essa preocupação vem aumentando ao longo da história. E quando se trata de como o erro é abordado nas universidades, ou seja, na formação inicial ou continuada do professor de matemática, percebe-se que os docentes destas instituições de ensino, deveriam enfatizar mais o tema.

Cury (2013) apresenta dados parciais de uma investigação que tem como objetivo o aprofundamento de análise de erros/dificuldades de alunos ou professores na resolução de questões matemáticas. A autora apresenta várias produções com esse tema, entretanto, algo estritamente relevante foi que das 39 produções de dissertações e teses que abordam erros, a autora não encontrou nenhuma produção que investigasse o uso de erros nos cursos de formação inicial ou continuada de professores de Matemática, mostrando que pouco se investiga o erro como metodologia de ensino nas universidades até aquele momento.

Nas conclusões da pesquisa de Cury (2013), não tendo encontrado dissertações e teses sobre o uso dos erros na formação inicial e continuada de professores de matemática, ela propõe uma investigação nas produções voltadas para artigos em periódicos ou em congressos na área de Ensino ou Educação Matemática.

Numa pesquisa de Spinillo *et al.* (2016), que envolve professores do ensino fundamental e futuros professores, os mesmos tinham que interpretar erros de alunos na solução de problemas de estrutura multiplicativa. Diversas categorias de respostas foram obtidas. Estas são agrupadas em quatro tipos de interpretação: não interpreta, operação inadequada, incompreensão do enunciado e incompreensão conceitual. Em seguida, foram separados em dois grupos e para cada um foi entregue seis cartelas que apresentam supostos erros de alunos: três com problemas de produto de medidas e três com problemas de isomorfismos de medidas.

Os autores ao analisarem o comportamento dos dois grupos de professores e futuros professores frente a interpretação dos erros, observaram que ambos convergem na interpretação de um mesmo tipo de erro, no caso a incompreensão conceitual, tanto para os problemas de produtos de medida, os quais envolvem raciocínio combinatório, quanto para os problemas de isomorfismos de medidas, que envolvem raciocínio proporcional. Nas considerações finais os autores afirmam que os professores e futuros professores mostram serem capazes de identificar

a natureza distinta dos erros na resolução de problemas, evidenciando que a formação dos participantes não se mostra como fator determinante do posicionamento deles. Além do mais, Spinillo *et al.* (2016) ressaltam que mais uma categoria de erros foi identificada inusitadamente pelos participantes da pesquisa, o de natureza linguística.

As pesquisas nesta temática vêm aumentando ao longo dos anos, pois compreender como acontece os erros, quais obstáculos apresentados são pertinentes. As falhas não ocorrem simplesmente por que o aluno quer, às vezes eles passam horas e horas de estudos e quando chegam no momento da avaliação em uma eventual questão ocorre um esquecimento, como eles costumam dizer: "deu um branco", então quais são os motivos que geraram tal acontecimento? Todo professor atento sabe quais alunos se dedicam, e os acompanham diariamente, observando sua evolução, e muitos deles se dão bem em atividades onde não os exigem psicologicamente, pois não há pressão, não há receio ou medo de errar, pra eles determinada atividade não são encaradas com tanto peso, diferente de uma atividade avaliativa, pois se errar haverá um decréscimo de sua nota final, assim isso os deixam tensos e nervosos onde claramente o fator psíquico influenciará em seu desempenho.

Neste estudo serão apresentadas concepções positivas, dos erros dos alunos, mas há ainda Futuros Professores com concepções tradicionalista, muitos atribuem aos alunos como principais agentes responsáveis pelo acontecimento do erro, outros consideram que a metodologia do professor é predominante para sua ocorrência. Muitos deles apontam os materiais manipuláveis como uma das estratégias para superar o erro, outros desconhecem como proceder e apenas um concebe que utilizar a análise de erros é uma estratégia a seguir.

O ERRO COMO INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM

Em uma pesquisa de Ambrosio (2015), cujo objetivo é apresentar e analisar a visão que professores de matemática das classes de Recuperação Intensiva têm sobre os erros dos alunos. Eles tinham como público alvo os alunos com mais dificuldades de aprendizagem, trabalhavam de forma diferenciada da classe regular, tentando melhorar os conhecimentos dos alunos e suprimindo ao longo do ano as dificuldades, para que no ano seguinte retornassem as salas regulares.

A pesquisadora, realizou uma entrevista semiestruturada com três professores, e a observação da prática de cada um deles, para compreender a visão dos mesmos sobre os erros. Durante a entrevista a autora levanta indagações sobre as práticas em sala de aula, e uma delas

é como lidam com erros de seus alunos? Dois dos entrevistados seguem a linha que basta ver o processo (um exemplo) que o aluno será capaz de corrigir seu erro, um terceiro demonstra uma visão diferente, ele relata, "o tipo de erro que ele comete pode dizer muito" esse professor tem uma prática inclusiva demostrando preocupação do processo de aprendizagem dos alunos.

Ambrosio (2015) afirma em suas considerações finais que, os docentes foram coerentes entre si, tendo mostrado que suas atuações em sala de aula corroboravam com as respostas fornecidas na entrevista, dois professores mostraram falhas em vossas formações, pois ambas não tinham conhecimento teórico sobre a melhor forma de lidar com o erro do aluno. Mostra também que a prática de dois deles se aproxima mais do ensino tradicional, que mesmo demonstrando opiniões diferentes sobre o erro, mas na prática são bastante parecidos, em que o professor deve mostrar a maneira correta de corrigir o erro, aplicando exercícios modelo para seguirem como exemplo, já o outro professor se preocupa com o pensamento construtivo que levou o aluno a errar, e o trata como se para cada tipo de erro deve haver uma maneira diferente de questioná-lo, levando o aluno a reflexão e portanto chegar a solução correta.

Almeida et al. (2016), também realizaram uma pesquisa com três professores, estes dos anos iniciais, com propósito de entender suas concepções sobre os erros dos alunos, os autores fazem uso de dois instrumentos de coleta de dados, uma entrevista semiestruturada e um questionário, quando os entrevistados são indagados sobre o significado que tem o erro no processo de ensino e aprendizagem, dois deles atribuem fatores intrínsecos ao professor, onde o docente não consegue explicar o conteúdo, quanto ao aluno, que por sua vez tem algum problema cognitivo. Um terceiro apresenta uma ideia tradicionalista, atribuindo somente ao aluno a razão do erro cometido, defendendo que ele não assimila o conteúdo, tendo uma compreensão distorcida.

Os autores em suas conclusões relatam que, a concepção da maioria dos professores que realizaram a entrevista, foi que o erro é visto como uma pista para entender os caminhos que o aluno faz, devendo haver uma reflexão junto aos alunos, para assim superar e avançar na aprendizagem. Os professores ainda enfatizam que após utilizarem várias estratégias e mesmo assim persistirem no erro, acreditam que esse aluno possa estar com dificuldades para aprender.

Costa e Pavanello (2016) afirmam que, são feitas várias críticas à ação governamental por promover uma formação continuada aos professores, que nem sempre consegue pôr em prática novos conhecimentos e procedimentos didáticos, que deveriam levar o docente a reflexão das experiências vivenciadas em sala de aula com seus alunos, e avaliar os resultados alcançados. Pensando de como os professores tratavam os erros de seus alunos, eles decidiram

realizar essa pesquisa com um grupo de professores do 6º ano do Ensino Fundamental, com objetivo de investigar as possibilidades de se estabelecer um processo de desenvolvimento profissional com esses docentes.

O que os autores fizeram foi uma formação continuada para com esses profissionais, a fim de levá-los para uma reflexão e discussão sobre as principais dificuldades de seus alunos. Em suas considerações ficou claro a mudança de postura de alguns professores frente aos erros, dois deles desenvolveram estratégias que levaram seus alunos a questionarem e trocarem ideias sobre determinada atividade que estavam resolvendo, um terceiro fez com que seus alunos procurassem seus erros e identificasse, promovendo sua superação. Por fim, os autores observaram que apenas esses três dos seis estavam de fato mostrando indícios da mudança de atitude ao tratamento do erro em sala de aula, apesar que apenas um em seu discurso não teria mudado sua visão.

Na dissertação de Augusto (2012), que analisou os erros que alunos dos anos iniciais do ensino fundamental cometem ao estudar números e operações e os dispositivos reguladores utilizados pelo professor. Buscou responder algumas perguntas pertinentes neste estudo, tais que, quais principais erros cometidos por esses alunos e suas estratégias utilizadas para superar os erros? Que instrumentos de regulação o professor usa que favorece este processo? Diante destas indagações, a pesquisa tem por objetivo, a compreensão dos erros cometidos em tarefas pelos alunos, e assim poder contribuir sendo um caminho para à aprendizagem.

Na busca por respostas, foram aplicadas tarefas matemáticas para que os alunos resolvessem e assim evidenciar os erros, para tanto também se preocupou em saber as reflexões dos alunos frente aos obstáculos apresentados, onde eles teriam que explicar sua produção. Em suas considerações finais a autora relata que, houve uma generalidade nos erros apresentados, ou seja, vários tipos de erros foram encontrados, tais como: erros de operação, erro referente a linguagem, erros ocasionados por distração do aluno. Segundo Augusto (2012, p.78), “erro é inevitável no processo de ensino e aprendizagem”, pra finalizar, a pesquisa mostra a mudança de comportamento via reflexão frente ao erro de um dos alunos, quando o mesmo a priori ao se deparar com os erros queria logo apagar, sem se quer tentar entender os motivos do acontecido, mudança essa revertida durante a pesquisa.

Bortoli (2011), pesquisou os principais erros apresentados por alunos na disciplina de pré-cálculo, eles estavam matriculados nos cursos de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia Agrônoma, Química e Sistemas de Informação. Após a utilização da metodologia de análise de conteúdo concluiu-se, que eles não dominam as habilidades esperadas para o

trabalho com álgebra e parecem não saber desenvolver atividades algébricas do tipo transformacional.

Já Ramos (2014), utilizou a metodologia conhecida como Modelo de Análise Didática dos Erros- MADE, modelo este que contém três momentos de um procedimento sistémico: momento de entrada, organização e execução. Em sua pesquisa que tinha o objetivo de identificar os erros cometidos por alunos do 1º ano do Ensino Médio no conteúdo algébrico de função polinomial do 2º grau, ela verificou que os alunos têm dificuldades oriundas do Ensino Fundamental. Em suas considerações ao analisar os erros ela relata que "o professor deve ter cuidado em realizar a correção da forma mais adequada possível" (p.41) mais precisamente aos erros de Compreensão Conceitual.

Na pesquisa de Plaza e Curi (2013) optaram pela análise descritiva e interpretativa das produções dos alunos do 5º ano do ensino fundamental, afim de tentar buscar respostas sobre o baixo índice de desempenho dos alunos nesta fase de ensino, ao analisarem esses erros, cujo conteúdo tinha que fazer parte do currículo da cidade de São Paulo, eles chegaram à conclusão que os alunos, em sua maioria, não adquiriram habilidades necessárias para lidar com o nosso sistema de numeração, apresentado pouco domínio neste conteúdo. Problemas com algumas regras do sistema de numeração, como à leitura e a escrita, à comparação e ordenação e na composição de números naturais.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa realizamos uma abordagem qualitativa, cujo objetivo é analisar a concepção de futuros professores sobre os erros que os alunos cometem quando estão estudando matemática. Para a obtenção dos dados, um questionário foi aplicado com três turmas, duas do turno da noite e a outra do turno da manhã, de uma universidade pública da Paraíba, totalizando um público de 22 graduandos do curso de Licenciatura em Matemática. Os formandos, em sua maioria, cursam o 8º período do curso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa analisamos as concepções dos futuros professores de matemática de uma Universidade Pública sobre os erros do aluno no processo de ensino e aprendizagem.

As respostas dos entrevistados são separadas de acordo com a semelhança de suas concepções, desse modo, nem todos os participantes são mencionados. Denominamos os participantes da pesquisa como Futuros Professores (FP), para distingui-los tomamos como: FP1; FP2; FP3; FP4; e assim sucessivamente.

Quando perguntado sobre o que pensa acerca do erro do aluno quando está resolvendo problemas matemáticos, um dos participantes da pesquisa respondeu:

> Muitas vezes o aluno erra por já ter uma concepção de matemática como vilã entre as disciplinas escolares e muitas vezes não dá importância a matéria. Em determinado assunto sempre perguntam: para que estudar isso? (FP1).

Observamos que FP1, inicialmente, tenta transferir a responsabilidade do erro para o aluno, "muitas vezes não dá importância a matéria". Em seguida, associa o erro do aluno ao fato da inexistência da relação do conteúdo matemático e sua utilização no cotidiano, o que se aproxima da fala de outro participante:

> Em geral o erro acontece em virtude de alguns problemas, como por exemplo: uma falta de vivência do aluno com o problema que o leva a não compreensão e encontrar meios de resolvê-lo (FP2).

As opiniões de FP1 e FP2 se assemelham, assim como guardam relação com a prática do ensino tradicional. Como sabemos, no ensino tradicional o professor é o elemento central do ensino, é o detentor do conhecimento, características marcantes na *concepção empirista*. Segundo Costa (2013, p.28), "é notório em sala de aula várias situações que transcrevem essa concepção: o aluno apenas houve e o professor apenas fala, cabe apenas ao professor ensinar e o aluno aprender".

Outros participantes enfatizam a importância de detectar o erro do aluno, com as seguintes argumentações:

> Que através desses erros, ele provavelmente iria tomar um certo cuidado com os próximos problemas e conteúdo que envolve os mesmos (FP10).

> O erro do aluno ao resolver problemas matemáticos se bem trabalhado pelo professor, ele serve para que o aluno aprenda, pois no momento que é explicado onde foi o erro o aluno irá entender e não errar mais. (FP14).

> Em averiguar onde ocorreu o erro e assim colocar uma observação sobre o mesmo. (FP11).

O docente tem um papel importantíssimo na verificação das possíveis falhas em atividades, pois não basta localizá-lo e grifar o erro encontrado, tem-se que dialogar com o aluno e questioná-lo, a fim de tentar encontrar os indícios e fazer com que ele se motive e queira corrigir determinada falha. Os participantes FP10 e FP14, demostram que é importante encontrar os erros para que os alunos não voltem a cometê-los, porém o FP11 relata que após encontrar o erro basta colocar uma observação. Em outros termos, Passinoto (2008) afirma que é preciso discutir o erro com o aluno:

> É dever do professor mostrar onde está o erro e exigir do aluno que revise a questão refletindo onde ele errou e propunha um novo caminho para a resolução da questão. Simplesmente colocar um "X" na questão, não representa outra coisa para o aluno se um sinal de que ele errou, sem provocá-lo para uma busca da resposta correta. (PASSINOTO, 2008. PG. 17).

O que Passinoto propõe é que deve haver diálogo do professor com o aluno sobre o erro, não ignorá-lo. Qual aluno se orgulharia de ter sua prova toda rabiscada? Reitero outra vez, o docente deve trazer para o aluno que, o erro faz parte do processo de ensino e aprendizagem, e ainda motivá-lo com atitudes que os favoreça, atos provocativos e que haja reflexão.

Outra concepção detectada nas respostas dos participantes foi encarar o erro como algo positivo:

> Acredito que o erro deve ser trabalhado de forma também positiva. Como ele chegou em tais valores? Como resolver tais dificuldades? (FP3).

> O erro do aluno reflete o nível de aprendizado dele e onde está suas maiores dificuldades, serve também para explicar para o professor onde possivelmente ele (o professor) tenha falhado e possa usar outra abordagem ou metodologia de ensino (FP4).

Os dois futuros professores estão preocupados mais com o processo que ocasiona o erro do que o resultado, e que ele deve ser encarado de forma positiva, pois servirá de parâmetro tanto para o aluno, quanto o professor. Como afirma Torre (2007),

> Mediante a consideração didática do erro, tanto o professor como o aluno podem se beneficiar obtendo informação útil sobre o processo seguido. O que o erro indica ao professor? O que o erro indica ao aluno? Devemos conceber o erro como um sintoma e não um mal (Torre, 2007, p. 28).

Para o aluno, o FP3 deixa claro que se deve compreender o porquê dos valores obtidos, esboça que as dificuldades devem ser resolvidas. O FP4, além de querer compreender quais são as maiores dificuldades, diz que o erro reflete o nível de aprendizagem do aluno. Quando o docente se preocupa com o caminho percorrido pelo aluno na resolução de problemas,

caracteriza-se ter uma *concepção construtivista/interacionista*, de acordo com Costa (2013, p. 34) "As práticas de um professor que tem posicionamento construtivista/interacionista em classe incluirão: Conhecer detalhadamente a trilha que o aluno opta para a construção dos conhecimentos". É interessante conhecer os caminhos trilhados pelos alunos, pois eles mostraram os equívocos, as lacunas existentes, e entre outras dificuldades. Assim, o professor poderá agir, e desenvolver estratégias para ajudar o aluno de acordo com o que foi encontrado neste caminho.

Quando perguntados se o erro pode contribuir ou não para a aprendizagem dos alunos, quase todos os participantes da pesquisa responderam que "sim", com exceção de um participante:

> Talvez, muitos errando se aprende e pode despertar o interesse no aluno para aprender e não errar mais. Já por outro lado, o aluno pode se achar incapaz de aprender e se desestimular (FP1).

Se o professor não tiver uma concepção positiva do erro pode acabar desestimulando o aluno, essa preocupação apresentada pelo participante (PF1) que considera que o erro pode ter duas vertentes uma positiva outra negativa, quando ele ressalta que "talvez" possa contribuir, deixando claro que esse erro pode ser desestimulante. Quando o professor ignora esse erro, acaba ocasionando segundo Ramos (2015, p. 133) "o erro tem efeito destrutivo, isto é, ele provoca falhas irreversíveis".

Os demais participantes, compreendem que o erro do aluno,

> Pode contribuir, visto que com os erros ele pode começar a se indagar, onde errou, como concertar. Portanto, há a indagação do aluno (FP5).
>
> Sim pode contribuir para a aprendizagem quando o professor busca com o aluno ver onde está o erro e corrigi-lo (PF7).

De acordo com a visão do FP5, a percepção do erro deve ser iniciada com o aluno, havendo indagações e por que não reflexões acerca do erro cometido? Quando o aluno consegue encontrá-lo, já é um avanço em sua postura. É a partir dele que começará uma nova etapa na construção do conhecimento. Segundo Torre (2007, p. 90), "o erro informa ao aluno que algo falhou na realização da tarefa ou na solução do problema e, por isso mesmo deve mudar de enfoque ou estratégia no modo de abordá-la".

Quando o professor trabalha em conjunto com seus alunos afim de suprimir os obstáculos presentes acaba motivando o aluno. O professor deve passar tranquilidade frente aos erros e mostrar que ele faz parte de sua aprendizagem, e para o PF7 essa relação professor-aluno sobre os erros pode contribuir para o avanço do aluno.

Perguntamos aos participantes da pesquisa, se faz sentido quando estiverem atuando como professor de matemática se preocuparem com os erros dos alunos:

> A preocupação é válida pois me dará parâmetros para entender como se dá o desenvolvimento de cada aluno e assim vou poder adequar o modo de trabalhar os conteúdos (FP2).

> Sim. Como futura professora pretendo apresentar a matemática de uma maneira que não seja vista como um bicho de sete cabeças e mostrar que ela faz parte de nossa vida em diversas áreas (FP1).

Aqui os participantes FP2 e FP1 respondem "sim". Este último em sua justificativa, tentará desmistificar uma prática que perdura há muitos anos, onde a disciplina de matemática é apresentada de forma pouco atraente, e assim tentará mostrar sua aplicação com a realidade. Já o FP2, justifica sua preocupação com o aspecto metodológico, ele deixa evidente que utilizará o erro de forma a mudar sua prática com os conteúdos abordados. Torre (2007, p.215) afirma que "a concretização da Reforma ou de qualquer inovação demanda algo mais que conhecimento e atitude positiva. É necessário induzir progressivamente outro tipo de mudança sobre a prática." Com isso podemos perceber uma estratégia para solucionar os obstáculos dos alunos.

Quando o professor não se preocupa com o erro do aluno, deixando-o de lado, este não está preocupado com a aprendizagem dele. É o que o FP5 aborda,

> Sim. Pois é necessário estar preocupado com o aprendizado do aluno, o professor que não se preocupa, constrói alunos deficientes, que só estarão preocupados com notas (FP5).

Um dos desafios é mudar a visão da aprendizagem dos alunos que acaba sendo produto de posturas tradicionais de alguns professores, fazê-los entender que a nota é consequência, um fruto do processo de ensino e aprendizagem. Por isso, o professor é importante neste meio pois, cabe a ele tentar mudar essa ideia, fornecendo um ensino de qualidade e atraente para seus alunos.

Sobre as principais razões que levam o aluno a errar, analisando as concepções dos futuros professores, podemos separar em três linhas de pensamento: primeiro, os erros intrínsecos somente aos próprios alunos, como podemos ler:

> Falta de atenção, interpretação errada e a falta de conhecimentos sobre o conteúdo (FP8).

> O que leva o aluno a errar é a falta de estudo, pois tem alunos que não se interessa em estudar (PF9).

A maioria dos participantes corroboram com essa concepção, são muitos os fatores que ocasionam o erro, não podemos apenas culpá-los sem buscar compreender o que se passa com os alunos. Existem uma série de problemas que podem interferir na aprendizagem e assim influenciar para o aumento da ocorrência dos erros dos alunos, como afirmam os participantes da segunda linha de pensamento,

> Nervosismo, déficit de aprendizagem, e outros motivos durante a formação escolar (FP10).

> Falta de concentração, a falta de interesse, as dificuldades acumuladas ao longo da trajetória escolar, problemas psicológicos (raros) a falta de estrutura da escola (pois existem conteúdo que exigem outros recursos) e a metodologia adotada, isto é, a forma do professor ensinar (PF4).

A concepção desses participantes é mais completa se atendo aos diversos fatores envolvidos, uma visão aberta sobre os problemas existentes e com esse pensamento esses futuros professores estarão mais dispostos para lidar com os erros dos alunos, podendo desenvolver métodos para superar tais obstáculos.

E por último, erros atribuídos tanto aos alunos quanto a prática do professor,

> O interesse do aluno no conteúdo, que implica também na didática do professor a fazer com que tenham mais interesse (FP11).

> O fato de que nem todos aprendem no mesmo ritmo, como também a forma de ensino do professor (PF5).

Essa linha de pensamento mostra que, tanto o aluno quanto o professor, podem contribuir para a ocorrência dos erros, para Ramos (2015),

> Entende-se, então, que o erro pode indicar tanto para o aluno quanto para o professor que existem falhas em algo que foi ensinado. Se o erro for visto por ambos de forma positiva, o relacionamento entre eles pode proporcionará diálogo e interação (Ramos, 2015, p. 137).

Essa interação e diálogo proporcionará maior confiança entre os alunos, deixando-os à vontade para expor suas dúvidas. Já o docente, deve de acordo com o FP11 modificar sua didática para diminuir o desinteresse do aluno, mostrar a utilidade da matemática na vida deles, através de metodologias de ensino atraentes.

Podemos encarar a análise de erros, segundo Cury (2018, p.93) "uma metodologia e ensino, podendo ser empregada quando se detecta dificuldades na aprendizagem dos alunos", se tornando uma forma para superar os obstáculos. Com essa preocupação perguntamos aos participantes, se existe e quais possíveis estratégias, que pretendem desenvolver com seus alunos para superar esse erro,

> Sim, a principal é revisar a questão já feita e analisar se está correta com a situação, analisar os cálculos para evitar que exista erros em expressões algébricas (FP8).

O PF8 foi o que mais se aproxima da metodologia abordada por Cury (2018, p. 63) "empregando uma metodologia de análise de dados conhecida como análise de conteúdos". Este foi o único que expressou este tipo de estratégia para superar o erro. Outros participantes tiveram concepções diferentes, como por exemplo,

> Sim, durante a preparação das aulas utilizar jogos pelo fato de facilitar a aprendizagem e mostrar maneiras diferentes dos alunos aprenderem (FP7).

> Sim, primeiramente usar em suas aulas problemas matemáticos e não apenas exercícios, e usar por exemplo que fazem sentido ao conteúdo cultural e social do aluno, problemas de acordo com o nível do aluno e possivelmente recursos didáticos, dentre eles jogos e materiais manipuláveis (FP4).

Os participantes da pesquisa, FP7 e FP4 representam concepções semelhantes ao da maioria, em relação aos materiais manipuláveis (instrumentos), características marcantes na abordagem Vygotskiana. O FP4 traz outra característica que é a abordagem do conteúdo de acordo com fatores culturais e sociais dos alunos. De acordo com Oliveira (1995, p. 30) "os instrumentos, porém, são elementos externos ao indivíduo, voltados para fora dele; sua função

é provocar mudanças", é com esse propósito que muitos participantes entendem a utilização de materiais manipuláveis como estratégias para superar os erros dos alunos, esses materiais são atrativos e o lúdicos, seria um caminho para a aproximação com os conteúdos matemáticos.

Vale ressaltar que não existe um modelo único estratégico para superar o erro, como afirma Cury (2018, p. 82) "as situações em que os erros podem ser usados como estratégias de ensino são muitos variadas", mesmo assim ainda três participantes desconhece quaisquer estratégias, como podemos ler na concepção de um deles,

> Creio que existe, porém não tenho conhecimento de nenhuma ainda, e se existe de ter acesso a essa estratégia (FP12).

Isso pode ser uma evidência que eles pouco tiveram contato com esse tema em sua graduação. E o mais preocupante foram que dois Futuros Professores (FP2) e (FP13), mostraram uma concepção totalmente tradicional,

> Acho que não existe uma estratégia para diminuir o erro pois nesse aspecto são problemas, na minha opinião, inerentes ao aluno (PF2).
>
> Não, porque se o aluno não tem interesse não importa a metodologia (FP13).

Apenas estes dois tiveram essa concepção, isso mostra que a maioria dos graduandos estão de alguma forma preocupados em como resolver os erros com seus alunos.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Procurar entender os motivos pelos quais os alunos erram é importante para todo docente, e quando os futuros professores começam a se preocupar desde a graduação é essencial. Com esse propósito, a pesquisa mostra algumas concepções de Futuros Professores acercam dos erros dos alunos.

Ramos (2015) afirma que o professor deve compreender que o erro não é uma meta a ser perseguida, porém não deve ser ignorado, sem antes analisar o processo de construção da atividade. Quando é ignorado o aluno sempre ficará com possíveis dúvidas e determinados obstáculos perduram por muitos anos, podendo nunca ser superado. Esta visão está inteiramente ligada ao ensino tradicional, por outro lado, uma visão positiva do erro que professores devem

preocupar-se com o processo que o originou, tentando entender como aconteceu e sempre desenvolvendo estratégias para melhorar a aprendizagem dos alunos.

Alguns dos participantes da pesquisa acreditam que os erros são provocados porque os alunos não sabem qual a relação da matemática com a realidade, pressupostos que os professores deveriam abordar. Outros compreendem que o erro deve ser encarado de forma positiva, tanto para o aluno quanto o professor. O docente tendo essa postura, deixa o aluno seguro e que suas falhas serão suprimidas, desenvolvendo sua autonomia.

Todos os participantes acreditam que o erro pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, pois ele fornece uma série de parâmetros sobre a construção do processo de conhecimento do aluno e com isso mudanças metodológicas devem ser adotas pelo professor em sala de aula.

É desejável que os graduandos em reta final de sua Licenciatura em Matemática, tenham concepções *construtivistas/interacionistas* sobre o caminhar do aluno na construção e resolução de problemas matemáticos. Para isto, um fator que deve ser ressaltado, quando perguntados sobre os principais fatores que provocam os erros, dois participantes atribuem o erro somente ao aluno. Também erros inerentes ao aluno e professor, assim como erros diversos, ondem envolvem fatores psicológicos, estruturais do ambiente escolar, e entre outras. Assim, procurar entender o caminho seguido pelo aluno na resolução de uma atividade matemática é importante para ajudá-los a superar o erro e minimizando a ocorrência do mesmo.

Para finalizar, procuramos saber quais estratégias esses graduandos pretendem utilizar para superar os erros dos alunos, três deles desconhecem alguma que possam utilizar. A principal estratégia apresentada foi a utilização de matérias manipuláveis, e só um participante abordou a análise de conteúdos como uma opção a ser utilizada. O que mais nos inquietou foram as concepções de dois participantes, que mostraram insatisfação, pois para eles não existem estratégias quando o aluno não tem interesse. Mas a maioria dos participantes pretendem desenvolver metodologias diferentes para suprimir os erros dos alunos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Daniela Maria de, *et al.* O erro no processo de Ensino e Aprendizagem em Matemática: sua relação com as dificuldades de aprendizagem no contexto escolar. **ENEM-Encontro Nacional de Educação Matemática.** 2016.

AMBROSIO, Ana Cristina da Silva. A perspectiva sobre os erros dos alunos de professores de matemática da recuperação intensiva: algumas considerações. **Colloquium Humanarum.** v.12, n. 3, 2015.

AUGUSTO, Ana Alexandra Fernandes. **O erro como caminho para a aprendizagem das operações com números naturais: Um estudo com alunos do 2° ano de escolaridade**. 2012. Dissertação do mestrado em educação.

BORTOLI, Marcelo de Freitas. **Análise de erros em matemática: um estudo com alunos de Ensino Superior.** 2011. Dissertação do mestrado profissionalizante em Ensino de Física e Matemática.

COSTA, Janíbia Fernada. **Concepções e práticas de professores em relação às dificuldades de aprendizagem em matemática dos alunos dos 4º anos do ensino fundamental.** 2013. Cuiabá- MT. Dissertação de mestrado

COSTA, José Roberto e PAVANELLO, Regina Maria. Uma investigação sobre uma formação continuada de professores de matemática envolvendo a análise de erros e o desenvolvimento profissional docente. **Revista Paranaense de Educação Matemática.** v. 5, n. 8, 2016.

CURY, Helena Noronha. Uma proposta para inserir análise de erros em cursos de formação de professores de matemática. **Educação Matemática Pesquisa.** v. 15, n. 3, 2013.

MORON, C. F. As atitudes e as concepções dos professores de educação infantil com relação à matemática. **Revista Ztetiké**, Campinas (SP): UNICAMP, v. 7, nº 11, jan/jun, 1999.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky: Aprendizado e Desenvolvimento Um Processo Sócio -Histórico.** Editora Scipione. 1995.

PLAZA. Eliane Matheus e CURI, Edda. Sistema de numeração decimal: saberes revelados por alunos do 5° ano. **Revmat**. v. 08, n. 1, 2013.

PASINOTTO, Renata. **O erro no processo de Ensino-Aprendizagem**. 2008,35 f. Monografia. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim. Curso de Matemática. Erechim, 2008.

RAMOS, Maria Luiza Perdigão Diz. Modelo de Análise Didática dos Erros: um guia para analisar e tratar erros referentes à função polinomial do 2º grau. **Revemat.** v. 9, n. 1, 2014.

RAMOS, Maria Luiza Perdigão Diz. A importância da análise didática dos erros matemáticos como estratégias das revelações das dificuldades dos alunos. **Revmat**, v. 10, n. 1, 2015.

SPINILLO, Alina Galvão. e*t, al.* Como professores e futuros professores interpretam erros de alunos ao resolverem problemas de estrutura multiplicativa? **Bolema.** v, 30. n, 56. 2016.

TORRE, Saturnino de La**. Aprender com os erros: o erro como estratégia de mudanças.** Artmed, Porto Alegre – RS. 2007.

CONCEPÇÕES SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E SEU ENSINO: O QUE SE SABE A RESPEITO?

Cauay Vianna Gazele [1]
Ana Gabriela Cavalcante Pereira Santos Costa [2]

RESUMO

Esta pesquisa provém parcialmente de uma monografia de Trabalho de Conclusão de Curso, somada a um debate entre docentes da área de Ciências Biológicas em uma pós-graduação stricto senso em Ensino de Ciências. Nos dois momentos realizou-se observações e registros de informações. No primeiro, utilizou-se de questionários e diários de pesquisador para coleta de dados a respeito do conhecimento e crenças de graduandos sobre Evolução Biológica. Para análise das respostas foram realizados testes estatísticos no *software* Ri386 3.2.2., a fim de entender se: (1) o progresso nos cursos de Biologia é correlacionado com o aumento de acertos; (2) se há diferenças entre as taxas de acerto do curso de bacharelado e do de licenciatura; (3) se há correlação entre a crença e a taxa de acerto das respostas (criacionista ou evolucionista). No segundo momento houve discussão e socialização acerca da origem e diversidade biológica. Como resultado, em ambas as situações, tanto entre graduandos quanto pós-graduandos da área condizente com o tema em foco, os estudos revelam que não há correlação significativa entre a crença e a compreensão científica sobre Evolução Biológica. Os testes estatísticos dos questionários indicam que não há melhora nas taxas de acertos das respostas ao longo do curso de graduação e que não há diferenças significativas entre licenciatura e bacharelado. Após a socialização sobre o debate, percebeu-se que há influência da religião quanto a teoria da origem e diversidade da vida que se acredita, além de pouca compreensão sobre o tema.

Palavras-chave: Ensino de Evolução, Evolução Biológica, Formação docente.

INTRODUÇÃO

O enigma sobre a possibilidade de vida em outros planetas do universo se mantém vivo e serve de incentivo para o desenvolvimento de tecnologias avançadas que possam resolve-lo. No entanto, quando se questiona: “como surgiu o primeiro ser vivo na Terra?”, já se tem algo cientificamente aceito, a Teoria da Evolução, que teria sido resultado da evolução química de substâncias inorgânicas em orgânicas. Contudo, esta não é a teoria exclusiva para explicar tal surgimento, mas soma-se ao Criacionismo e a Teoria da Panspermia Cósmica.

A partir disto, existem muitas discussões que culminam em envolvimento de diversas áreas de estudo. Como a ciência é movida pela curiosidade, uma das perguntas que faz a Teoria

[1] Mestrando em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Alagoas- UFAL, cauayvianna@hotmail.com;
[2] Mestranda em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, gabicavalcantebio@gmail.com;

da Evolução entrar em conflito com o Criacionismo é: os mesmos seres vivos existentes atualmente, existiram desde o início?

Com isso, a argumentação presenteia cada crença com percepções e considerações individuais e coletivas, nem sempre científicas. Por isso, é preciso diferenciar os momentos e finalidade do discurso para adequar o científico, o mítico, o religioso ou filosófico. A partir desta preocupação, este trabalho expõe as concepções de graduandos e pós-graduandos da área de Ciências Biológicas quanto a origem e diversidade da vida, com enfoque à Evolução Biológica, tendo em vista possíveis implicações no ensino de Ciências e Biologia.

A Teoria da Evolução é o paradigma que norteia atualmente as Ciências Biológicas, integrando várias disciplinas desta área (MEYER & EL-HANI, 2005). Ademais, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2015, p. 41-50) tratam desta teoria como o eixo centralizador do ensino de Biologia. Enquanto na BNCC (BRASIL, 2018) o tema "Vida e Evolução" vem sendo desenvolvido desde os anos iniciais até os anos finais da educação básica. Segundo Ruse (1996, p. 17), a evolução biológica pode ser entendida como: "Desenvolvimento natural e modificação dos organismos através das gerações, tendo como ponto de partida formas primitivas e amplamente diversificados".

Diante disto, é importante que o conhecimento científico que permeia esta teoria e embasa outros conteúdos da mesma área, sejam compreendidos, de fato, livre de concepções alternativas ou equivocadas. Isto, porque é muito comum que pessoas não acreditem na teoria da Evolução, ainda que, muitas vezes, não saibam explicar o que significa. O mais desconfortante é que situações como esta não acontecem apenas com estudantes da educação básica ou pessoas sem instrução formal.

Evidência disso é o fato de que os estudantes do ensino básico enxergam a Evolução como um melhoramento, aperfeiçoamento e que tem um objetivo predeterminado (visão teleológica do fenômeno) (ROSA et al., 2002). Essa visão também é compartilhada por professores de Ciência e Biologia da educação básica (TIDON; VIEIRA, 2009) o que reforça o argumento de que os professores estão servindo como disseminadores de erros conceituais (YATES; MAREK, 2014).

Diante disto, é importante que o conhecimento científico que permeia esta teoria e embasa outros conteúdos da mesma área, sejam compreendidos, de fato, livre de concepções alternativas ou equivocadas. Isto, porque é muito comum que pessoas não acreditem na teoria da Evolução, ainda que, muitas vezes, não saibam explicar o que significa. O mais

desconfortante é que situações como esta não acontece apenas com estudantes da educação básica ou pessoas sem estudo, mas também ocorre entre professores de ciências e biologia.

Essa falta de entendimento sobre a Teoria da Evolução, conflitos filosóficos com crenças pessoais e desinteresse na ciência contribuem para a não aceitação da mesma como ferramenta de entendimento da natureza, podendo assim prejudicar a formação dos que não a compreendem (ANDERSON, 2007; BIZZO, 1991).

Entretanto, para entender se o que foi afirmado acima por outros autores ainda acontece, em que contexto e entre quais públicos, esta pesquisa se desenvolveu a partir da seguinte problemática: quais as concepções de estudantes do curso de Ciências Biológicas e profissionais docentes de ciências e biologia sobre a Teoria da Evolução? Desse modo, devido a importância que a Evolução Biológica tem para a Biologia e para seus respectivos profissionais foi objetivo desse trabalho investigar o estado do conhecimento de graduandos de Ciências Biológicas e pós-graduandos em Ensino de Ciências na Universidade Federal de Alagoas sobre o tema.

Para tal, esta é uma pesquisa de abordagem quantitativa e qualitativa que busca quantificar e interpretar os dados, levando em consideração outros aspectos que possam interferir no objetivo referido (GIL, 1999). Como pesquisa teórico-empírica, aplicou-se questionários para graduandos, assim como utilizou-se de debate entre o Criacionismo e a Teoria da Evolução para mestrandos. Os dois momentos foram realizados na Universidade Federal de Alagoas e enriquecidos com pesquisa bibliográfica.

METODOLOGIA

Esta pesquisa teórico-empírica segue uma abordagem quantitativa e qualitativa, pois se preocupa com a interpretação dos fatos observados e analisados, ao mesmo tempo em que, para melhor sistematiza-los, parte dos dados são organizados numericamente (GIL, 1999).

O primeiro momento, referente ao estudo das concepções de graduandos utilizou de questionários como instrumento de coleta, além de diários de pesquisador. Foram aplicados 177 questionários aos estudantes do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Alagoas, representando 32% do total de alunos. Destes, 78 foram respondidos por graduandos do curso de bacharelado e 99 por aqueles de licenciatura, representando, respectivamente 31,62 % e 32,5 %.

O questionário (tabela 1) apresentou espaço para a identificação do período e modalidade em que os alunos cursavam. O mesmo foi composto por quatro perguntas de múltipla escolha, sendo a primeira de caráter opinativo e as demais relacionadas a Teoria da Evolução. A primeira questão (Q1) foi referente ao pensamento do próprio estudante sobre a origem e diversificação da vida na Terra. A segunda e a terceira questões, possuíam cinco alternativas com apenas uma correta. A questão dois (Q2) buscava avaliar se os alunos sabem delimitar o conhecimento da Teoria Evolutiva. Já a terceira questão (Q3) buscava avaliar o conhecimento destes estudantes sobre o mecanismo evolutivo de Seleção Natural.

A quarta questão (Q4) possuía uma afirmação no enunciado que os alunos deveriam dizer se era verdadeira ou falsa e ainda deveriam justificar a resposta escolhendo dentre três alternativas, tendo apenas uma combinação de resposta considerada correta. Esta quarta questão buscava averiguar se os estudantes percebem a como um processo contínuo e inacabado.

Para análise de dados dos questionários, utilizou-se o *Software* R i386 3.2.2, para avaliar se existe correlação entre a progressão no curso e a taxa de erros e acertos dos graduandos ao longo dos cursos. O mesmo programa foi usado para averiguar se há diferenças significativa entre as respostas de graduandos do curso de bacharelado e do de licenciatura em Biologia.

Para que fosse possível realizar as análises estatísticas de maneira mais coerente foi necessário agrupar os períodos dos cursos em três etapas: Início (1º, 2º e 3º período), Meio (4º, 5º e 6º períodos), Fim (7º e 8º períodos). Houve então 42 licenciandos no início, 36 no meio e 21 no fim, enquanto no bacharelado foram 42 no início, 21 no meio e 12 no fim.

Quanto ao debate, foi oportunizado pela disciplina Ensino de Ciências I do curso de Mestrado em Ensino de Ciências. Neste, os participantes optaram pelo posicionamento em uma das teorias para, então, defende-la e, em contrapartida, criticar a oposição. Para a disciplina seria avaliado a capacidade crítica, argumentação e possíveis falácias entre os membros ao longo da discussão.

O diário de pesquisador foi utilizado também no debate, o segundo momento de observação, por todos os participantes envolvidos, ou seja, mestrandos pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) na Universidade Federal de Alagoas. Dos seis membros, com graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas -do qual os autores deste estudo se fizeram presentes-, três pessoas ficaram em defesa do Criacionismo e três em defesa da Teoria da Evolução como ideias explicativas para a diversificação da vida na Terra.

Desta forma, iniciou-se as atividades com a (1) elaboração do questionário; (2) coleta de dados; (3) tabulação dos dados no Microsoft Excel 2013 para posterior análise estatística no Software R i386 3.2.2; (4) análise quantitativa e qualitativa dos dados à luz de referências teóricas; (5) Acréscimo de dados advindos de um debate entre mestrandos; e (6) Socialização e sistematização do resultado do debate.

DESENVOLVIMENTO

Para chegar ao que se sabe atualmente sobre a Teoria da Evolução foram necessárias ideias distintas e muitas vezes independentes de muitos pensadores. Desde Anaximandro e Empédocles, século XVI e XV a.C., já tentava-se explicar de maneira natural, sem intervenções místicas ou divinas, a diversidade das formas de vida na Terra (SOUZA, 2009, p.19). Alguns dos pontos dessas ideias eram parecidos com o postulado atual, mas não é adequado dizer que foram precursoras do mesmo, dado que os autores da teoria evolutiva não citam essas ideias em suas publicações. Portanto seria adequado chamá-las apenas de anteriores (FUTUYMA, 2009).

No século XVII e XIX a pesquisa sobre o tema teve grande valor científico e midiático graças aos debates entre criacionistas - que acreditavam na imutabilidade das espécies e na origem divina das mesmas - e evolucionistas - que postulavam que a as espécies mudam e dão origem a outras ao longo do tempo (SOUZA, 2009, p. 41-42).

Apesar de as aulas de escolas do ensino básico resumirem a construção do paradigma evolutivo atual à comparação entre a Teoria da Evolução atribuída erroneamente apenas a Darwin e a teoria de Lamarck, existiram muitos outros cientistas aplicados na tentativa de solucionar o mistério da origem da diversidade da vida (FUTUYMA, 2009).

Conde de Buffon foi o primeiro a apresentar a ideia de ancestralidade comum; Erasmus Darwin , avô de Charles Darwin, que não parece ter influenciado o neto em suas ideias, também propôs um mecanismo de mutabilidade das espécies chamado de “zoonomia”; Jean Baptiste Lamack, figura atrelada erroneamente a falta de sucesso científico foi pioneiro quanto a propor um mecanismo plausível para a evolução das espécies; Alfred Russel Wallace e Charles Robert Darwin foram coautores da Teoria da Evolução por Seleção Natural, são alguns dos exemplos mais famosos de naturalistas que procuraram responder a esse mistério. Mas foi Darwin o que obteve maior êxito nessa explicação.

Segunda Mayr (1984), Darwin tinha, não uma teoria, mas cinco: a) Teoria do ascendente comum; b) Teoria da evolução como tal; c) gradualismo; d) multiplicação das espécies; e) Teoria da Seleção natural. Essa historicidade apresentada anteriormente sobre a Teoria Evolutiva é uma postura pedagógica que tem sido recomendada a professores de biologia. Alguns trabalhos citam a importância de se trabalhar o contexto histórico das descobertas a fim de otimizar o aprendizado dos educandos, através da humanização do processo científico. (MARTINS, 1998; SCHEID, 2008; OLEQUES, 2011).

Desde os debates do século XVII que a Evolução Biológica sofre com a aceitação do público que a vê como uma ideia não científica (OLIVEIRA, 2015). Seja por que o entendimento do público é superficial, seja por questões culturais de conflito filosófico (ANGOTTI, 2001; ANDERSON, 2007; BIZZO 1991).

Análise das questões

Cada alternativa errada das questões mostra um tipo de incompreensão sobre a Teoria da Evolução, sendo assim, os erros foram avaliados qualitativamente que, segundo Arilda Godoy (1995), é um tipo de análise que:

> Envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo.

- **Análise das respostas da questão 01 (Q1):**

Esta questão tem caráter de resposta opinativo, então a análise dela dependerá das demais questões, procurando se há uma relação entre essa resposta inicial e as respostas das demais questões.

- **Análise das respostas da questão 02 (Q2): A Teoria Sintética da Evolução tenta explicar:**

a) A origem da vida na Terra;

Essa alternativa mostra um erro corriqueiro entre pessoas que tem ideias vindas do senso comum, que seria: pensar que a teoria da evolução dos seres vivos fala sobre a ORIGEM da vida na terra (BIZZO, 1991; ANDERSON, 2007). Esse tipo de mau entendimento desfavorece a aceitação da teoria pelo público, dado que pode vir a contrariar crenças pessoais. (DAWKINS, p. 98, 2007; AMORIM; LEYSER, 2009).

b) Os processos de surgimento e diversificação da vida;

O erro da alternativa anterior se repete quanto ao SURGIMENTO da vida, no entanto é amenizado por falar em DIVERSIFICAÇÃO, dado que este é um dos aspectos que trata a teoria. Seria então um tipo de entendimento parcial da teoria, no qual tem-se um défice na percepção da delimitação do tema.

c) Processos que levam à vida a se diversificar;

Resposta considerada correta.

d) As origens do universo e da vida;

Como na segunda alternativa, esta, mostra aspectos dos quais a teoria da evolução NÃO visa explicar. Ao marcar a alternativa "d" a pessoa que responde o questionário demonstra não saber os limites dessa teoria.

e) Os processos de progresso dos seres vivos.

Originalmente Darwin não usou o termo "evolução", preferia se referir ao processo como "descendência com modificação". Em uma época anterior Lamarck usava "transformismo" ou "progresso". Assim, essa alternativa tem fortes traços de pensamentos lamarckistas que diziam que a vida passava um processo de melhora semelhante ao da *escala nature,* na qual os seres vivos tenderiam a ficar mais complexos até chegar a um ápice, que seria o ser humano. Nesta linha de pensamento, organismos mais complexos seriam mais antigos e os mais simples teriam surgido mais recentemente e ainda estariam no começo do processo de progresso**.** (FUTUYMA, p. 4, 2009; BIZZO, 1991).

• **Análise das respostas da questão 03 (Q3): Darwin e Wallace teorizaram sobre principal mecanismo sob o qual atua a evolução dos seres vivos, esse mecanismo se chama "Seleção Natural" que implica basicamente em:**

a) Sobrevivência do mais forte;

Essa resposta está incorreta dado que o mecanismo de seleção natural implica em eliminar indivíduos de uma população que possuírem variações desfavoráveis de características relacionadas a sobrevivência E reprodução. Podendo também haver seleção por eventos naturais como terremotos, queimadas, erupções vulcânicas que não estão necessariamente ligados às características biológicas dos indivíduos. Sendo assim não é necessariamente a "sobrevivência do mais forte" a que se refere esse mecanismo de seleção, mas sim às variações nas proporções de indivíduos variantes dentro de uma espécie. (FUTUYMA, 2009, p. 22)

b) Promover melhoras nos organismos tornando-os mais eficientes em sobreviver e reproduzir-se;

Apesar de se fazer referência a sobrevivência e taxa reprodutiva, essa resposta não se refere inteiramente ao mecanismo proposto por Darwin e Wallace. Dado que o enunciado tem um tom de intenção no mecanismo, que seria o de melhorar o organismo e torná-los mais eficientes, esta afirmação está mais próxima a ideias lamarckistas de melhoramento para o de alcance de um objetivo. O problema pode ser também epistemológico, dado pela mudança no uso da palavra "evolução". Por exemplo, no senso comum a palavra é usada com sentido de "melhora" enquanto no meio científico é usada como "mudança". (FUTUYMA, p.4, 2009; BIZZO, 1991)

c) Sobrevivência dos indivíduos que conseguem adquirir melhores características ao longo da vida e passam-nas para seus descendentes;

Essa alternativa, como outras, mostra uma ideia de Lamarck, a "transmissão de caracteres adquiridos". Esta é uma ideia ultrapassada pelas de Darwin e Wallace e ainda mais refutada pelos fundamentos genéticos. Marcar essa alternativa também pode mostrar uma confusão feita entre "transmitir características adquiridas" e mutações em células germinativas que passarão características modificadas aos descendentes. (FUTUYMA, p. 18, 2009)

d) Um mecanismo aleatório de seleção que age sobre as espécies de seres vivos de modo que os mais aptos sobrevivem;

Aqui tem-se uma confusão feita pelo público leigo que é pensar que todo o processo de evolução é dito, pela ciência, como aleatório. No entanto o que são aleatórios são os processos de mutação do genoma, que ocorrem na natureza sem ter uma previsibilidade do que irá gerar. Também é comum referir-se a seleção natural como a sobrevivência dos mais aptos, ou mais adaptados, no entanto ela se resume a capacidade que os indivíduos têm de sobreviver E deixar descendentes também capazes de se reproduzir. Pode-se dizer que trata da variação da capacidade de reprodução entre esses indivíduos de uma população, variação essa que poderá alterar o pool gênico da população como um todo, podendo causar uma tendência de fixação de uma determinada característica que será selecionada pelo meio. (DAWKINS, 2009).

e) **Seleção causada pelo ambiente sobre os indivíduos de cada população, tornando possível a hereditariedade de características de indivíduos com maior capacidade de sobrevivência e reprodução.**

Resposta considerada correta.

• **Análise das respostas da questão 04 (Q4): A hereditariedade de características com modificação e a diversificação da vida (surgimento de novas espécies) são fenômenos biológicos que ocorreram no passado e o que vemos hoje é o resultado da evolução dos seres vivos do passado.** ( ) VERDADEIRO ( )FALSO

Ao marcar "verdadeiro" quem responde ao questionário admite ter uma visão descontinua do processo de evolução dos organismos, de modo que, para esse, a evolução é algo que ocorreu, por tanto, não ocorre mais. A resposta "falsa" está correta, dado que o processo de seleção natural é constante e os pools de genes de qualquer população de organismos estão sujeitos à mudança na frequência de seus alelos (RIDLEY, 2013). O que torna o processo algo que possa observado cotidianamente, apesar de seus efeitos, em geral, só serem percebidos em longo prazo.

a) Pois os processos citados são muito antigos.

Para Bizzo (1991), comenta sobre a visão de que o processo de evolução já ocorreu e não ocorre mais. Ele fala sobre uma falta de perspectiva de alunos do ensino médio sobre processos em si, ou seja, os estudantes entrevistados eram acostumados a ter uma visão estática da natureza. Desse modo, em alguns casos, não conseguiam imaginar a natureza como um processo, mas sim como um momento, como algo fixo, "fotografado" em suas mentes.

Essa visão, segundo Futuyma (2009) é pré-científica, descendendo de filósofos gregos de antes de cristo, ou seja, mesmo com todo o conhecimento gerado sobre a teoria não é difícil de pessoas terem um entendimento diferente do que diz a ciência. Em seu trabalho Bizzo (1991) fala que mesmo com instrução sobre o assunto, as pessoas não tendem a largar suas ideias pessoais. Marcar essa alternativa pode estar ligado a esse tipo de pensamento.

b) Pois não podemos ver a evolução acontecer atualmente, mas temos muitas evidências dela.

Marcando esta alternativa a pessoa pode estar cometendo um engano quanto ao próprio funcionamento da ciência, afinal em ciência não é necessário "ver para crer", basta que o fenômeno seja detectável (por algum instrumento, por exemplo) e passível de teste por repetições de maneira que qualquer um consiga reproduzir o experimento, assim o conhecimento científico pode ser aceito como próximo da verdade. Se quem responde marcou anteriormente em "verdadeiro" e agora marcou "b" seria como dizer: "O processo não ocorre mais, por isso não é observável, mas temos muitas evidências dele" Ou ainda: "Se não vejo, não está ocorrendo, mas as evidências mostram que ocorreu" Torna-se paradoxal dizer isso,

dado que quem responde está pondo seus sentidos como principal fonte de provas e ao mesmo tempo concorda com provas indiretas e aceita a ideia de evidências indiretas que apenas ajudam a elucidar o passado e não o *ver*, o que aconteceu.

c) Pois além de podermos ver a evolução acontecer atualmente a ciência dispõe de muitas evidências dela

Resposta correta se combinada com "falso" anteriormente, caso seja combinada com "verdadeiro" se torna contraditório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as respostas ao questionário (Tabela 2) pelos graduandos dos cursos de licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas, foram realizados testes de Chi-quadrado a partir do *Software* R i386 3.2.2. Os testes indicaram uma falta de correlação significativa entre a progressão no curso e a quantidade relativa de respostas certas e erradas, assim, foi indicado que a progressão no curso pode não fazer com que os graduandos aprendam significativamente sobre a teoria.

Isto porque foram $p > 0,05$ em praticamente todos os casos, ou seja, não houve correlação estatisticamente significativa entre as variáveis de avanço no curso e taxa de acertos e erros nas respostas dos participantes. O que indica que os profissionais da Biologia que vinham se formando na universidade em questão, aparentemente, se formavam sem clareza à respeito dos conteúdos referentes à Evolução, quais deveriam ser a espinha dorsal da sua formação. A única exceção foi quanto aos bacharelandos que apresentaram uma melhora estatisticamente expressiva no que diz respeito à Q2 que trata da delimitação da teoria.

Essa diferença entre bacharelandos e licenciandos pode ser causada pelas diferentes disciplinas que cursam ao longo das respectivas graduações tendo os bacharelados, segundo a grade curricular do curso, disponível on-line, 120 horas de disciplinas específicas sobre evolução biológica, sendo elas: "Biologia Evolutiva" e "Fundamentos de Ecologia e Evolução". Já os licenciandos dispõe de apenas 60 horas de disciplinas específicas sobre evolução, dada em apenas uma disciplina, chamada "Genética de populações e evolução", que como o próprio nome diz, é uma disciplina que também tem foco em dinâmicas de genéticas populacionais.

Na Tabela 1, é possível observar como se distribuíram as respostas da Q1. Como trata de uma opinião pessoal, não há acertos ou erros

Ideia alternativa	Resp.	Bach.	Lic.
Panspermia	a	03	03
Evolução química/biológica	b	49	43
Criação	c	07	26
Evolução Teísta	d	18	26

Tabela 1: Respostas para a Q1.

Q1	**Questão 1** – Marque um "X" na alternativa que melhor representa **sua opinião** quanto a origem e diversificação da vida na Terra: a) Panspermia (A vida foi "semeada" por asteroides que carregavam seus precursores) b) Evolução química seguida de evolução biológica (Teoria da química pré-biótica + Teoria sintética da evolução) c) Criacionismo (A vida, tal como é, foi criada por um (ou mais de um) ser (es) superior (es)) d) Evolucionismo teísta (A vida foi criada por um ser superior que apenas deu início a ela e então ela evoluiu naturalmente).
Q2	**Questão 2-** A Teoria Sintética da Evolução tenta explicar: a) A origem da vida na Terra; b) Os processos de surgimento e diversificação da vida; c) Processos que levam à vida a se diversificar; (resposta correta) d) As origens do universo e da vida; Os processos de progresso dos seres vivos
Q3	**Questão 3 –** Darwin e Wallace teorizaram sobre principal mecanismo sob o qual atua a evolução dos seres vivos, esse mecanismo se chama "Seleção Natural" que implica basicamente em: a) Sobrevivência do mais forte; b) Promover melhoras nos organismos tornando-os mais eficientes em sobreviver e reproduzir-se; c) Sobrevivência dos indivíduos que conseguem adquirir melhores características ao longo da vida e passam-nas para seus descendentes; d) Um mecanismo aleatório de seleção que age sobre as espécies de seres vivos de modo que os mais aptos sobrevivem; e) Seleção causada pelo ambiente sobre os indivíduos de cada população, tornando possível a hereditariedade de características de indivíduos com maior capacidade de sobrevivência e reprodução.
Q4	**Questão 4-** A hereditariedade de características com modificação e a diversificação da vida (surgimento de novas espécies) são fenômenos biológicos que ocorreram no passado e o que vemos hoje é o resultado da evolução dos seres vivos do passado: ( )VERDADEIRO ( )FALSO a) Pois os processos citados são muito antigos. b) Pois não podemos ver a evolução acontecer atualmente, mas temos muitas evidências dela. c) Pois além de podermos ver a evolução acontecer atualmente, a ciência dispõe de muitas evidências dela.

Tabela 2: Questionário aplicado aos estudantes de Ciências Biológicas.

De acordo com a Q2, dos 99 alunos do curso de licenciatura, 15,15% responderam corretamente e 84,84% erraram. Dos 77 bacharelandos, dois não responderam à Q2, totalizando 75 participantes, 28,94% responderam corretamente e 73,68% erraram. Enquanto na terceira questão, dos 99 alunos do curso de licenciatura 49,49% acertaram e 50,50% erraram. Dos 76 alunos do bacharelado 26,84% acertaram e 48 63,15% erraram. Na Q4, de 99 alunos do curso de licenciatura, 28,28% acertaram e 71,71% erraram. Na mesma questão de 76 alunos do curso de bacharelado 19,7% responderam corretamente e 82,89% erraram.

Comparando os dois cursos de ciências biológicas da UFAL, observa-se que os erros são similares. Os alunos de ambos os cursos erram principalmente a segunda e a quarta questão (Figura 1 e 2). Isso pode estar caracterizando uma deficiência na capacidade de entender a

evolução como um processo inacabado e também pode estar retratando uma possível falta de conhecimento sobre a delimitação da teoria pela maior parte dos que responderam. No entanto

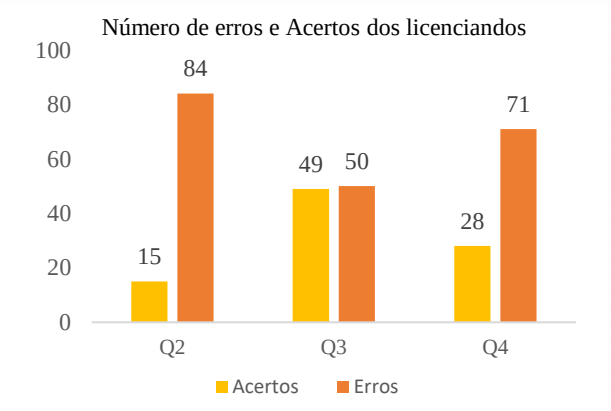


Figura 1 Número de erros e acertos referente às respostas dos licenciandos

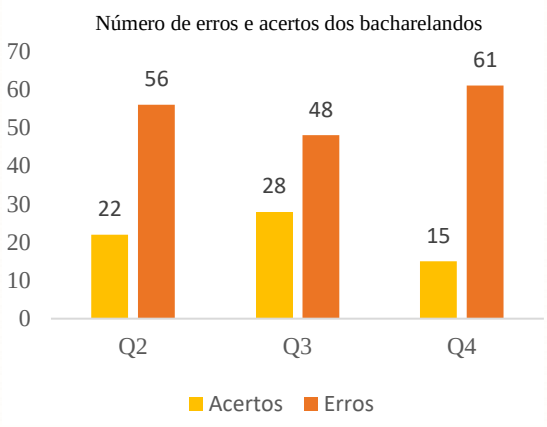


Figura 2 Número de erros e acertos referente aos bacharelandos.

vale ressaltar que a questão três também não possuiu a maioria das respostas sendo corretas, ou seja, os erros se distribuíram pelas três questões, mas tiveram mais ênfase na segunda e na quarta.

A Q2, referente a delimitação da teoria, tinha como alternativa correta a letra "C" e é mostrado na figura 3 e 4 a frequência em porcentagem de cada resposta dos licenciandos e bacharelando, respectivamente. Foi possível inferir, através dos testes estatísticos que, para a segunda questão, apenas os bacharelandos apresentaram melhora nas respostas deles ao longo do curso.

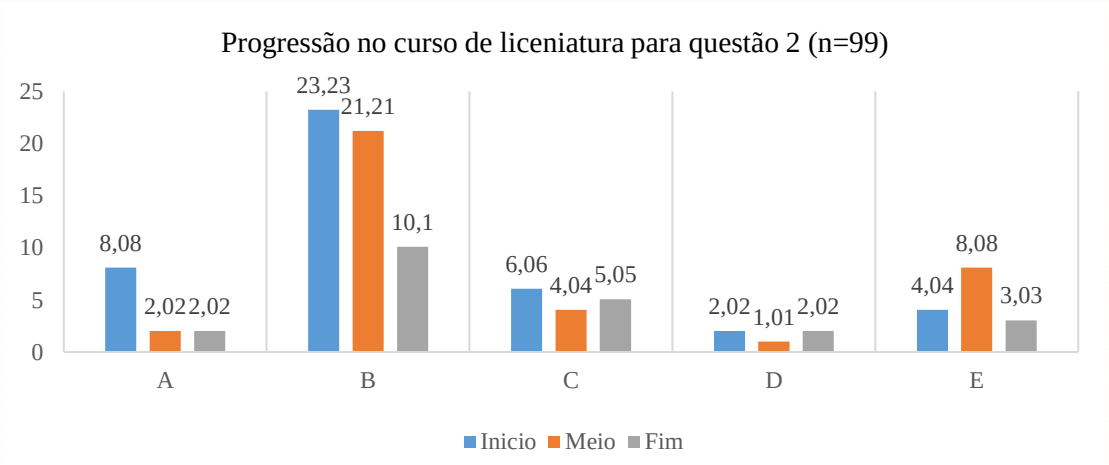


Figura 1 Gráfico com percentuais das respostas dos licenciandos sobre a da segunda questão

.

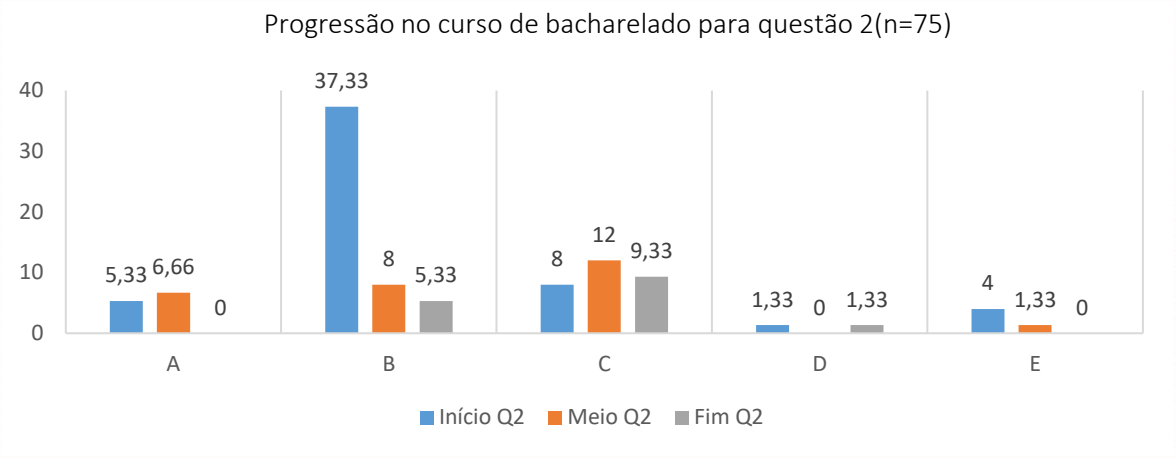


Figura 2 Gráfico com percentuais das respostas dos bacharelandos sobre a da segunda questão.

Na Q3, referente à definição de seleção natural, a alternativa correta era a letra "E". Como é ilustrado nas figuras 5 e 6, nenhumas das modalidades do curso apresentou melhora das taxas de acerto ao longo do curso, indicando que progredir neles não os faz, necessariamente, dominar o conceito de seleção natural, central ao entendimento da evolução biológica e, consequentemente da biologia.

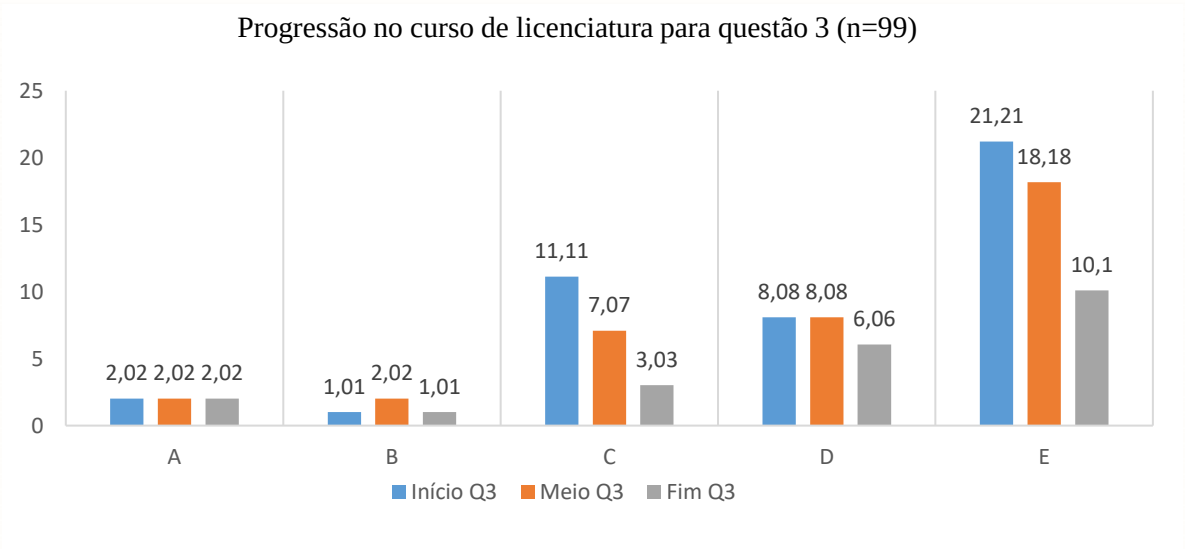


Figura 3 Gráfico com percentuais das respostas dos licenciandos sobre a da terceira questão.

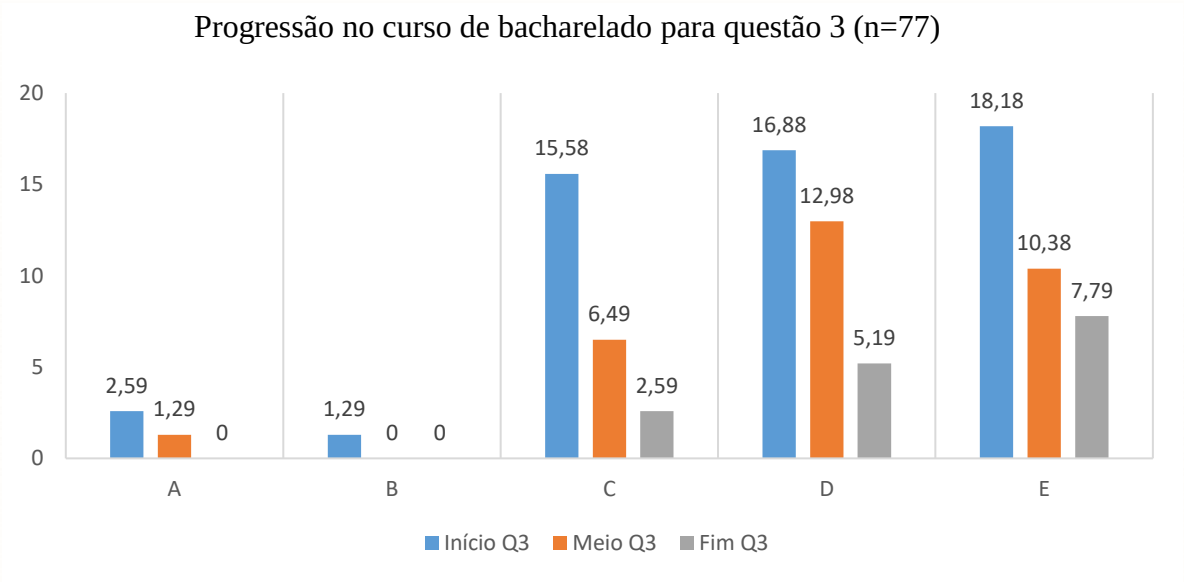


Figura 4 Gráfico com percentuais das respostas dos bacharelandos sobre a da terceira questão

Na Q4, questão na qual os graduandos deveriam alegar se a afirmativa presente nela era verdadeira ou falsa e escolher uma justificativa para a resposta, eles também não apresentaram melhoras nas taxas de respostas corretas ao longo do curso (figura 6 e 7). Nesta questão a combinação correta seria "Falso e letra 'C'" (F-C). Nela procurava-se observar se os graduandos tinham uma ideia da evolução biológica como um fenômeno processual ou um evento que ocorreu e não ocorre mais.

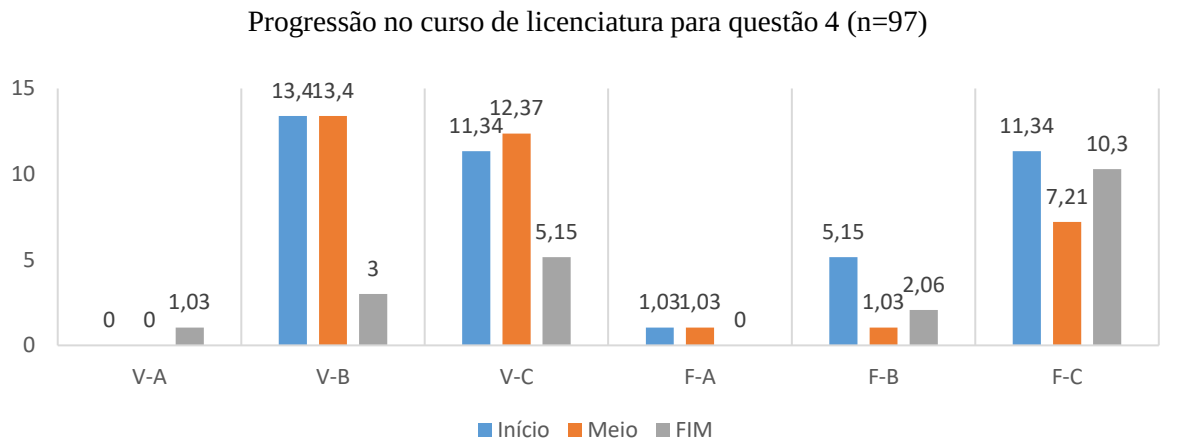


Figura 5 Gráfico com percentuais das respostas dos licenciandos sobre a da quarta questão

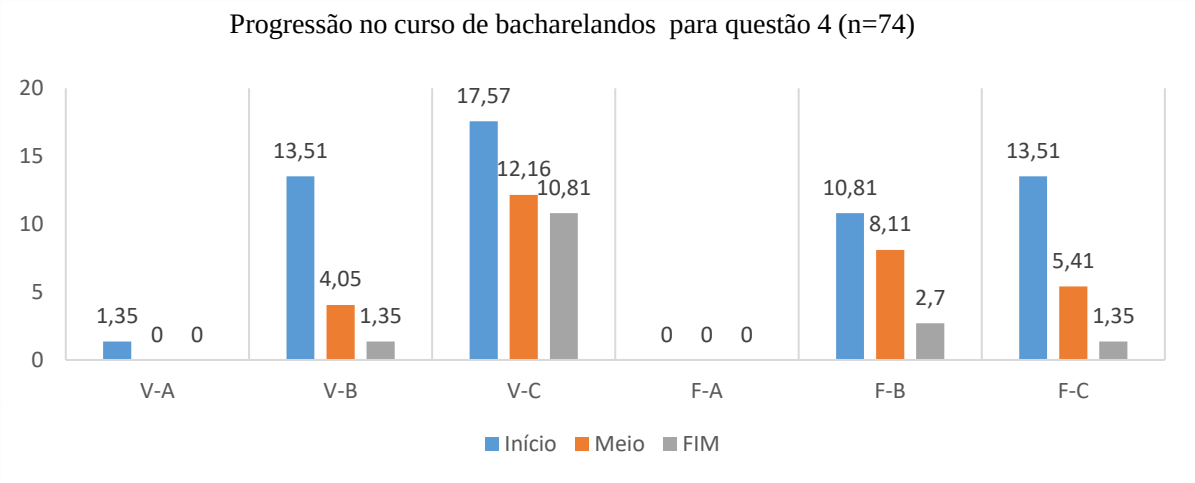


Figura 6 Gráfico com percentuais das respostas dos bacharelandos sobre a da quarta questão

Nos estudos de Araújo et al (2009) sobre as concepções criacionistas e evolucionista de professores em formação e em exercício do Ensino Fundamental 1, suas conclusões são semelhantes às deste trabalho. Para os autores, diante de seus estudos, a quantidade de professores criacionistas é demasiadamente elevada e os valores e crenças dos mesmos influenciam as perspectivas que os mesmos têm sobre a Evolução, bem como no ensino desta temática.

Quanto ao debate, com intuito de ter melhor argumentação houve alguns momentos de fuga aos conceitos científicos, de modo que foi sugerido que a religião poderia se conciliar com a ciência, ou seja, o Criacionismo poderia se unir à Teoria da Evolução. Isto porque, seria necessário utilizar dos vestígios encontrados em diversas áreas que comprovam a Teoria da Evolução, o que serve como comprovação e evidências, para respaldar o Criacionismo, ou uma de suas vertentes.

Os criacionistas do debate destacaram as diferentes linhas existentes e aceitação de parte do evolucionismo, entretanto os evolucionistas do debate ressaltaram a finalidade científica, sempre questionável e em desenvolvimento da sua teoria, de modo que não se envolve com aquilo de que não se tem como investigar, testar e formular hipóteses.

O raciocínio crítico posto em prática no debate estabelecido entre Criacionistas e Evolucionistas revelou que a argumentação estabelecida entre os grupos, ainda que de cunho filosófico-religioso e científico, respectivamente, apresentou inúmeras falácias e um antagonismo de posições constante que tornou impossível uma conciliação entre as partes.

Logo, apesar da tentativa de defender seu lado do debate, após o mesmo, foi notável a não aceitação da teoria mais aceita cientificamente não poder tratar também da parte religiosa.

O que implicou em dificuldade em compreender e defender tal teoria. O que torna eminente uma falha na compreensão de metodologia científica para a ciência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temática origem e diversidade biológica traz aspectos polêmicos para a sociedade. Ainda que se valorize a ciência e seus estudos, a metodologia científica não parece ser bem compreendida por todos como algo imprescindível à ciência. De modo que mesmo estudantes e docentes atuantes da área de Ciências Biológicas acreditam que podem somar crenças filosófico-religiosas aos resultados científicos. Também se faz notável entre os dois momentos de coleta de informações que há influência eminente da religião com a negação, não aceitação ou distorção da Teoria da Evolução.

Os estudantes de Ciências Biológicas, público alvo desta pesquisa, tanto de licenciatura quanto de bacharelado, apontaram respostas que indicam falta de domínio do conhecimento sobre evolução biológica, que é considerado indispensável aos profissionais da área que virão a se tornar. De modo geral, não apresentam melhoras no seu conhecimento enquanto progridem nos cursos, podendo ser um indicativo de que os cursos não estão tornando-os esclarecidos, significativamente, sobre evolução biológica, seja por causa da influência das crenças e valores dos professores deste tema ou por desvalorização do mesmo.

A continuidade da discussão segue até o debate que esclarece que, de fato, não é dado tanta relevância ao tema, visto que já se tem uma teoria que há muito se acredita e é incontestável para os fiéis, o que perpassa ao descaso à epistemologia da ciência, sua metodologia científica. As pessoas preferem se tornar neutras ou tentar unir o que acreditam ao que é comprovadamente aceito, do que compreender aquilo que há séculos vem sendo estudado e ainda continua sendo desenvolvido.

Logo, apesar das particularidades entre as explicações criacionistas e evolucionistas para a origem e diversidade da vida na Terra, é importante compreender e ensinar cautelosamente. É possível contextualizar inclusive outras explicações, tais como mitos de diferentes culturas, o criacionismo e a panspermia cósmica, desde que seja esclarecido o que é filosofia, religião, mito e ciência. Isto para mostrar que a ciência é movida pela curiosidade e esta é responsável pela tecnologia que testa hipóteses e formula teorias com estudos que seguem

normas rigorosas. Os valores e crenças individuais não devem afetar a confiabilidade nos métodos e no conhecimento ensinado nas salas de aula.

Desta forma, sugere-se que mais estudos sejam desenvolvidos sobre metodologias alternativas de ensino sobre Evolução Biológica, que tragam mais reflexão sobre métodos científicos e a contestabilidade da ciência, como algo em desenvolvimento, em construção. Além disso, é importante o desenvolvimento de eventos para públicos diversos sobre Evolução Biológica, a fim de esclarecer e divulgar estudos científicos, bem como a origem e diversidade biológica.

REFERÊNCIAS

AMORIM M.C.; LEYSER V. Ensino de evolução biológica: implicações éticas da abordagem de conflitos de natureza religiosa em sala de aula. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências,** ISSN 2176-6940. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

ARAÚJO, E. S. N. N. et al. Concepções criacionistas e evolucionistas de professores em formação e em exercício. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências,** ISSN 2176-6940. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de Evolução e História do Darwinismo** - Tese de Doutorado- Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação - São Paulo. sp.1991.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio.** Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: Ministério da Educação, p. 41 e 55, 1999.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

FONSECA A. T.; MAYR, E. **Biologia, Ciência Única:** Reflexões Sobre A Autonomia De Uma Disciplina Científica. São Paulo: Companhia das Letras**,** v. 22, n. 36, 2006.

FUTUYMA D. **Biologia Evolutiva**. UNPEC-Editora, 3º ed. 2009.

GODOY A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades.**, São Paulo, v.35, n.2, p.57-63, 1995.

MARTINS L. C. P. A história da Ciência e o Ensino da Biologia. **Ciência & Ensino**: nº 5, dezembro de 1998.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da Biologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

OLEQUES L. C. et al. Evolução biológica: percepções de professores de biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. V.** 10, n 2, 243-263, 2011.

SCHEID, M. N. J. Contribuições do cinema na formação inicial de professores de Ciências Biológicas. **Vivências:** revista eletrônica da URI, v. 6, nº 4, 15-2 p. 2008.

YATES, T. B.; MAREK, E. A. **Teachers teaching misconceptions:** a study of factors contributing to high school biology students' acquisition of biological evolution-related misconceptions. Evolution: Education and Outreach, 2014.

DEBATE COMO INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NO ENSINO SUPERIOR E A MOTIVAÇÃO DE ACADÊMICOS NA DISCIPLINA DE QUÍMICA

Thiago Weslei de Almeida Sousa [1]
Carlos Antônio Pereira Júnior [2]

RESUMO

Ainda que se observe baixo desempenho em diversas disciplinas do meio acadêmico, pouca atenção tem sido dada a motivação dos estudantes do nível superior. Levando em consideração que a motivação está diretamente ligada com a evasão e os altos índices de reprovação, torna-se de extrema relevância investigações que explorem os aspectos da motivação dos universitários. Este trabalho teve como fim analisar se o debate é uma interferência pedagógica capaz de propiciar mudanças na motivação dos acadêmicos de engenharia agrícola da Universidade Estadual de Goiás que cursavam a disciplina de química geral. A pesquisa foi realizada de acordo com os pressupostos do método qualitativo, sendo realizado um estudo um estudo de caso que utilizou como referencial teórico as quatro categorias propostas por Pintrich para se avaliar a motivação de universitários - o contexto sociocultural, os fatores relacionados ao ambiente de sala de aula, os fatores internos ao aluno e o comportamento motivado em si. Constatou-se que a aplicação do debate possibilitou a criação de novas perspectivas e de novos conhecimentos por meio da criação de um ambiente que priorizou o caráter coletivo e dinâmico do trabalho científico. A partir da discussão dos resultados, encontraram-se indícios suficientes para acreditar que a utilização do debate tem potencial para acarretar mudanças positivas na motivação dos acadêmicos. Este trabalho se apresenta como aporte para os professores universitários que desejam inserir o debate em suas práticas docentes e também abre perspectivas para que novas pesquisas utilizem o debate como estratégia propiciadora de inferências na motivação.

Palavras-chave: Debate, Intervenção Pedagógica, Pintrich.

INTRODUÇÃO

Muito tem sido abordado sobre a questão da motivação dos alunos em “aprender” nos mais diversos segmentos do campo do ensino de ciências. Porém, ainda é precário esse mesmo tipo de análise tendo como objeto de estudo os acadêmicos, estudantes do nível superior (RIBEIRO *et al*., 2019; SASSI & MARTINELLI, 2010). E um provável motivo para tal observação é o fato de as pesquisas serem feitas pelos próprios universitários, sendo comum o estudo do comportamento de alunos de outros níveis, principalmente o médio (BELUCE & OLIVEIRA, 2016, RIBEIRO; FONSECA & SILVA, 2004, BANDURA *et al.*, 2003).

[1] Doutorando do Programa de Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, tsqi@msn.com.
[2] Orientador do trabalho. Docente no Instituto Federal Goiano, IFGoiano, carlos.quimica.ufg@gmail.com.

O aumento na quantidade e qualidade das pesquisas que envolvem a motivação de alunos teve seu impulso nos anos 70 e a partir daí começaram a serem desenvolvidos diversos modelos teóricos (BZUNECK, 2010). A maioria destas teorias podem ser consideradas como teorias sócio cognitivas, uma vez que levam em consideração as influências contextuais, culturais, demográficas no que tange a cognição na motivação de um indivíduo (LINNENBRINK & PINTRICH, 2002). Desta forma, prioriza-se o processo de regulação ativa que parte do indivíduo, que envolve a sua motivação e que determina seu comportamento e pensamento (SCHUNK, 1992).

Segundo Bzuneck (2009) a palavra motivação tem origem do latim e é formada através da junção dos seguintes termos: verbo motum (mover) e o substantivo motivum (motivo). Motivação pode ser entendida como tudo o que desperta, dirige e condiciona a conduta (BALANCHO & COELHO, 1996), ou seja, pode ser considerada como um elemento fundamental para a utilização de recursos do indivíduo, com o intuito de se alcançar uma meta. Ou seja, motivação são as metas que orientam a ação do indivíduo.

A motivação, independente de seus níveis, é um importante objeto de estudo no que se refere ao ensino e está ligada diretamente ao aprendizado e desenvolvimento dos alunos (RUIZ, 2005). Todavia, é perceptível que há uma reduzida preocupação das entidades responsáveis em manter as condições mínimas para a permanência do acadêmico na universidade assim como o faz para os alunos nas escolas (BZUNECK, 2004).

Quando o foco da motivação é o ambiente educacional esse termo acaba tendo outros significados e conotações, tornando-se mais específico e preciso. Percebe-se que há uma forte ligação entre motivação, aprendizagem e desempenho neste campo (PINTRICH, 2003). Mueller (1992, p. 205) inclusive afirma que “se existe um princípio que tem aceitação universal, este é a noção de que a motivação leva a aprendizagem e que, sem motivação apropriada, a aprendizagem não ocorrerá ou será mínima”.

A análise da motivação torna-se ainda mais importante quando se leva em consideração que se espera um comportamento diferente do acadêmico quando comparado a um aluno de Ensino Médio, isso porque estes dois sujeitos estão em etapas bem distintas de suas vidas (DEMBO, 2000). Tendo como ponto de partida que o próprio acadêmico deve direcionar-se para ser bem-sucedido nas atividades universitárias, ou seja, aplicar a autorregulagem, este deve ser motivado para que seu aprendizado seja potencializado (LINNENBRINK & PINTRICH, 2002). Deste modo, a autorregulação pode ser descrita como um processo ativo onde são estabelecidos objetivos que direcionaram a aprendizagem tendo como foco o conhecimento

através de estratégias que privilegiam o monitoramento, regulação, controle do comportamento e, principalmente, a motivação (JOLY et al, 2012).

A maior dificuldade em se estudar a motivação está no grande número de variáveis que podem ser analisadas e que acabam tornando este assunto bastante complexo (RIBEIRO et al., 2019; ECCLES & WIGFIELD, 2003). É neste contexto que se torna interessante o estudo da obra do psicólogo e pesquisador do campo educacional, Paul R. Pintrich. Pintrich (1953–2003) destacou-se por suas investigações no campo da aprendizagem no contexto do ensino superior com pesquisas fortemente voltadas para o desenvolvimento da motivação, mudança conceitual, pensamento epistemológico e aprendizagem autorregulada (LUQUE, 2004).

Pintrich (1991) sustenta que a motivação dos acadêmicos está fundamentada em quatro principais eixos: *(1) o contexto sociocultural, (2) os fatores relacionados ao ambiente de sala de aula, (3) os fatores internos ao aluno e (4) o comportamento motivado em si. Podendo esses quatro fatores se apresentar isoladamente ou relacionados entre si.*

Segundo Pintrich (2005), o entendimento da motivação de universitários é ainda mais importante que a de crianças e adolescentes, porque diferente destes os acadêmicos não são tão dependentes dos professores e devem buscar por si próprios o controle de seu comportamento, motivação e cognição. A prática desta aprendizagem autorregulada é importante não só para o contexto acadêmico, mas também para toda sua vida profissional (GUIMARÃES & BORUCHOVITCH, 2004).

Uma maneira eficiente de melhorar a motivação dos acadêmicos é a aplicação, bem elaborada, de intervenções pedagógicas (SILVA, 2018, SANTOS; BORUCHOVITCH & OLIVEIRA, 2009), e neste cenário, o debate se torna uma ferramenta potencial. De modo geral, debate pode ser definido como uma atividade social discursiva que se realiza pela justificação de pontos de vista e consideração de perspectivas contrárias (contra-argumento) com o objetivo último de promover mudanças nas representações dos participantes sobre o tema discutido (DE CHIARO & LEITÃO, 2005).

Com isso, a presente investigação pretende *explorar a utilização do debate como intervenção pedagógica que propicie mudanças na motivação dos acadêmicos do curso de engenharia agrícola da Universidade Estadual de Goiás na disciplina de química geral.* Busca-se, desta forma, responder às seguintes questões: O debate é uma ferramenta que possibilita mudanças na motivação de alunos de nível superior? Quais as principais vantagens que a realização do debate pode trazer para a emancipação dos universitários? Considerando as categorias propostas por Pintrich, como o debate influencia a motivação de acadêmicos?

Motivação e o contexto acadêmico

A motivação é um dos assuntos que mais tem ganhado espaço no que se trata do bom desempenho de educandos do nível superior, determinando, principalmente, a qualidade do envolvimento do aluno com o processo de ensino e aprendizagem (LOURENÇO & PAIVA, 2010). Quando motivado o aluno busca novos conhecimentos, participa das atividades propostas com entusiasmo, aproveita oportunidades, mostra disposição para encarar novos desafios, tudo isso dando relevância a sua relação com o processo de aprendizagem (ALCARÁ & GUIMARÃES, 2007).

Quando se analisa a motivação no campo da aprendizagem, é preciso levar em consideração as características específicas do contexto acadêmico. De modo geral, as propostas e atividades que se concretizam na universidade estão associadas a processos cognitivos, estes processos dizem respeito à capacidade de atenção, concentração, processamento de informações, raciocínios e resolução de problemas dos educandos (RYAN & DECI, 2002). Com isso, utilizar conceitos gerais sobre a motivação humana no âmbito escolar não é adequado sem levar em consideração as particularidades deste ambiente (BROPHY, 1999; BZUNECK, 2002).

As teorias mais antigas traziam a motivação como uma pré-condição inerente a cada ser humano, porém estudos mais recentes mostram que os aspectos motivacionais no campo educacional vão muito além desta pré-condição (LENS, MATOS, VANTEENKISTE, 2008). É visível uma relação íntima entre motivação e aprendizagem de modo que a motivação pode interferir na aprendizagem e no desempenho, bem como a aprendizagem pode produzir um efeito na motivação (SCHUNK, 1992). A motivação no ambiente acadêmico pode ser melhorada de duas formas: através de mudanças nos educandos e também através da mudança no seu ambiente de aprendizagem acadêmica (BROPHY,1999).

Aspectos da motivação podem esclarecer o fato de alguns acadêmicos gostarem e aproveitarem o seu tempo na Universidade, tendo comportamentos adequados, alcançando novas capacidades e desenvolvendo todo o seu potencial. A mesma motivação pode também explicar porque outros acadêmicos têm interesse raso nas atividades, na maioria das vezes sendo realizada por obrigação, ou de forma pouco responsável (GARRIDO, 1990).

Alunos com falta de motivação pelas tarefas acadêmicas apresentam menor desempenho do que o que poderia conseguir com suas reais potencialidades (BZUNECK, 2009). É visível que se distraem com facilidade, pouco participam das aulas, dedicam pouco (ou nenhum) tempo ao hábito de estudar e o resultado disso tudo é o distanciamento do processo de aprendizagem.

Ao terem baixo rendimento a chance de evasão do curso é grande fazendo com que suas oportunidades futuras sejam limitadas (GUIMARÃES & BORUCHOVITCH, 2004).

O professor, na sala de aula, deve ter como objetivo diário o desenvolvimento e a manutenção da motivação para aprender com as atividades acadêmicas (BZUNECK, 2002). Trazer a motivação para o educando faz com que eles possam engajar-se nas atividades escolares, ainda que não considerem estas atividades prazerosas, encarando-as com seriedade, esforçando-se para aprender, desfrutando dos benefícios que o conhecimento pode trazer (BROPHY, 1999).

A necessidade de intervenções pedagógicas

Uma vez que os fatores contextuais têm forte influência na motivação dos acadêmicos e que é possível promover intervenções com o intuito de melhorar a qualidade do ato de motivar, faz-se necessário que mais estudos explorem a intervenção no campo da motivação (PEREIRA & LIMA, 2018, SANTOS; BORUCHOVITCH & OLIVEIRA, 2009; LINNENBRINK & PINTRICH, 2002).

A intervenção nas estratégias de aprendizagem é uma forma eficiente de modificar o desempenho de alunos em qualquer que seja o nível de ensino. Fazer a utilização de variadas técnicas para ensinar o aluno a aprender faz com que haja uma potencialização das experiências escolares e, também, traz a autoestima do acadêmico através de suas competências (SANTOS; BORUCHOVITCH & OLIVEIRA, 2009). Ao se sentirem mais seguros e capazes começam a despertar o senso de que possuem competência para estar sob seu controle de determinada situação (BZUNECK, 2010).

Entende-se por intervenção pedagógica qualquer interferência que um profissional (educador ou psicopedagogo), realiza em determinado processo de aprendizagem de um sujeito ou de um grupo, quando há a presença de problemas de aprendizagem. A intervenção deve trazer um novo procedimento com o objetivo de interferir no processo de aprendizagem, podendo então compreender, explicitar ou corrigir o que anteriormente era utilizado. A intervenção obtém sucesso quando o sujeito começa a pensar, elaborar de forma diferenciada, quebrar padrões anteriores de relacionamento com o mundo das pessoas e das ideias.

Aplicar uma intervenção não deve acontecer de modo aleatório, somente com o intuito de modificar a realidade de aprendizagem, é necessário que haja um planejamento para que as metas sejam atingidas. Uma vez que o professor é o proponente e também o mediador desta intervenção é necessário que ele se prepare para a nova fase que ele e turma viverão (SOLIGO, 2001).

O debate e a construção do conhecimento

O debate é uma estratégia de ensino que prioriza a formação de cidadãos de maneira inovadora, se apresentando como uma prática docente pouca utilizada no contexto do ensino de química e comum em outras áreas como, por exemplo, o Direito (SILVA, 2018, MORTIMER & MACHADO, 1996).

O foco do debate está no aprimoramento da argumentação, podendo ser definido como uma atividade social discursiva que se realiza pela justificação de pontos de vista e consideração de perspectivas contrárias (contra-argumentos) e tem como o objetivo último a promoção de mudanças nas representações dos participantes sobre o tema discutido (DE CHIARO, LEITÃO, 2005). A ideia de confronto entre argumentos e contra-argumentos não assegura que o indivíduo mude sua concepção sobre determinado assunto, porém esse processo é pré-requisito de suma importância para que as mudanças de perspectivas ocorram.

A realização do debate no ambiente de sala de aula oportuniza os alunos a exporem suas ideias prévias sobre o fenômeno ou conceito científico analisado e também os estimula a realizarem comentários sobre a problemática discutida. Este espaço deve proporcionar ao educando o direito da fala e, através dela, estar ciente de suas próprias ideias. O resultado deste processo é o aperfeiçoamento da comunicação baseado em um novo gênero discursivo, denominado gênero científico escolar (CAPECCHI & CARVALHO, 2000).

Ao entrar em contato com a aprendizagem de Ciências o aluno se depara com um processo de enculturação, ou seja, uma nova cultura, que é diferente da apresentada pelo senso comum, é inserida no processo de ensino e aprendizagem. Com isso o acadêmico se vê desafiado a dominar um novo gênero discursivo, que é mais complexo por se tratar de conteúdos e linguagem próprios do meio científico e é denominado gênero científico escolar. Para que o aluno consiga utilizar esse gênero é necessário que ele seja instigado a ter uma visão formal e sistematizado de suas ideias (MORTIMER & MACHADO, 1996).

Além de aprender e argumentar, a utilização do debate em sala de aula propicia ao aluno o reconhecimento das afirmações contraditórias e as que podem servir de suporte para outras afirmações. Deve-se deixar claro que as ideias apresentadas, após serem debatidas coletivamente, podem (e devem!) ser remoldadas com a contribuição dos outros membros do debate, no caso, os próprios pares (ALTARUGIO, DINIZ & LACATELLI, 2010). A utilização do debate pode contribuir na formação de indivíduos mais críticos, propiciando que estes sujeitos tomem decisões relevantes no que se refere aos problemas sociais (CAPECCHI & CARVALHO, 2000).

Se tratando do professor, no debate ele assume o papel de mediador e é necessária sua intensa participação na construção da proposta. Cabe salientar que são muitas as variáveis que o mediador tem de orientar neste processo: acompanhar as falas dos alunos, questiona-los e propor novos elementos para a discussão. Uma vez que imprevistos acontecem, é exigido do professor bastante atenção e criatividade para contornar essas adversidades (ALTARUGIO, DINIZ & LACATELLI, 2010).

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada seguindo os pressupostos do método qualitativo, havendo o contato do pesquisador com o ambiente das salas de aula e laboratórios que são ministradas as aulas da disciplina de química do curso de engenharia agrícola da Universidade Estadual de Goiás - Campus de Ciências Exatas e Tecnológica (LUDKE & ANDRÉ, 1986). Deste modo, o pesquisador, que também é o professor da disciplina, teve contato direto e prolongado com a situação investigada, o que caracteriza esta investigação como um estudo de caso (GIL, 2008).

A presente pesquisa centra-se na aplicação de uma intervenção pedagógica, no caso a utilização do debate, com o intuito de proporcionar o aumento do interesse e da participação dos alunos, tentando interferir, principalmente, no fator ambiente da sala de aula. Durante o planejamento e realização da proposta, que contou a orientação do professor/pesquisador durante todo o processo, analisou-se o comportamento de uma turma de 20 alunos que cursavam a disciplina de química geral.

O tema escolhido para o debate foi “Alimentos Transgênicos” e os acadêmicos foram divididos em dois grupos, por sorteio, que iriam argumentar contra ou a favor da utilização de transgênicos. Foi solicitado que os alunos estivessem trajados de maneira comumente adequada a um debate político em uma sessão plenária (trajes sociais ou esporte fino).

Anteriormente ao debate, os grupos apresentaram ao professor/pesquisador um breve diário sobre a preparação de cada equipe para o momento de arguição e também as provocações que levantariam para os colegas do grupo com ideias opostas. Durante o debate, os grupos exibiram um vídeo introdutório de composição técnica e artística livre sobre a posição que defenderiam.

Já no início do debate, foram apresentadas pelo professor/pesquisador, que foi também o mediador da discussão, as regras que os acadêmicos deveriam seguir para o bom caminhar do debate e para que fossem respeitados o tempo e conteúdo de fala dos colegas.

Logo após o debate foi realizada uma entrevista na forma de mesa redonda com oito alunos que voluntariamente se dispuseram a refletir sobre os questionamentos levantados pelo professor/pesquisador (GIL, 2008). O intuito da entrevista foi tentar compreender, no que se refere à disciplina de química, como o debate pode interferir nos fatores internos que geram motivação dos acadêmicos que participaram dessa atividade. A entrevista foi filmada e, posteriormente, transcrita para que se pudesse capturar as falas dos acadêmicos que dessem suporte para a discussão dos resultados de acordo com as categorias de análise propostas por Pintrich (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos estão organizados e discutidos segundo as categorias de análise adotadas por Pintrich (1991) para a análise da motivação de discentes do nível superior: (1) contexto sociocultural, (2) fatores relacionados ao ambiente de sala de aula, (3) fatores internos ao aluno e (4) comportamento motivado em si.

(1) Contexto sociocultural

Pintrich (1991) destaca que o contexto sociocultural está relacionado com atitudes, crenças e comportamentos dos universitários devidos a experiências vividas anteriormente. Neste sentido, no debate realizado, foi percebido que a postura dos alunos perante a opinião dos demais é um fator importante a ser analisado dentro do contexto sociocultural, assim como mostra a fala de um dos acadêmicos que participou do debate:

> A1: Como em qualquer assunto, em qualquer situação, a relação entre as pessoas são assim: conflituosas. Sempre vai ter um questionamento que eu não concordo com você e você pode também não concordar comigo. Isso não acontece só neste trabalho, é uma coisa que também acontece lá fora. Mas a gente precisa saber lidar com cada um! É respeito!

Como pode ser visto, o respeito às concepções do outro não foi formada durante a aplicação da proposta do debate e sim um princípio já construído socialmente durante a vivência pessoal do acadêmico ainda antes de ingressar no Ensino Superior. Considerando que estes alunos estavam apenas no segundo período de graduação, essa percepção, que é inerente ao aluno, colabora muito para o desenrolar do trabalho em grupo e também desperta nos demais alunos a mesma postura (GOLLERIZO-FERNÁNDEZ & CLEMENTE-GALLARDO, 2019; COTE & LEVINE, 1997).

Outra observação que também se relaciona ao contexto sociocultural é que os alunos utilizaram analogias para justificar seus pontos de vista. Tal atitude pode significar a tentativa de estabelecimento de inter-relações da temática do debate com experiências passadas (PACHANE, 1999), o que acaba deixando o aluno mais confortável para expor suas arguições e também mais convicto do que está explanando.

Em contrapartida, é possível ver também que novas perspectivas podem começar a ser analisadas pelos universitários que participaram do debate (POLYDORO *et al*, 2001). Por exemplo, além do linguajar adequado, também foi proposto que os participantes utilizassem trajes adequados ao debate (esporte fino ou social) e que se portassem como se estivessem participando de um júri. Neste contexto, a fala de uma aluna é destacada:

> A2: Tive que repensar a forma de me portar, a minha forma de agir, e a forma de me vestir para participar deste trabalho.

Pela exposição da aluna é possível inferir que houve um esforço para se adequar a uma nova realidade a que ela foi exposta, havendo comprometimento da parte da mesma para ter êxito na tarefa. Essa atitude pode sugerir a capacidade de inserção de novos padrões de comportamentos por parte de acadêmicos que participem deste tipo de atividade. A experiência do debate pode servir como referência para futuras exposições em que os acadêmicos precisem ter uma postura mais formal, tais como: entrevistas de emprego, apresentação de trabalhos, reuniões de negócios entre outro (CAPECCHI & CARVALHO, 2000).

Cabe ressaltar que todo o ambiente formal que foi criado não inibiu a participação dos alunos e, pelo contrário, este novo cenário parece tê-los impulsionado a corresponderem à proposta. Porém, em alguns momentos foi visível que os alunos mesclavam o linguajar formal com o informal, o que é perfeitamente compreensível, uma vez que não é comum aos mesmos, ainda que já inseridos no contexto acadêmicos, momentos de fala oral em que sejam cobrados por esse tipo de linguajar mais robusto (DE CHIARO & LEITÃO; 2005).

Foi percebida uma relativa dificuldade dos grupos em articular pensamento e fala, isso quer dizer, muitas vezes não ordenavam nem balanceavam bem esses dois aspectos. Tal ocorrência pode também ser proveniente de uma raridade de eventos em sala de aula em que os alunos assumam papéis centrais na condução de seus processos formativos (MARTINI & BORUCHOVITCH, 2009).

Ao final do debate, foi possível visualizar uma construção de uma percepção criada a partir do coletivo, onde os próprios acadêmicos relataram que não poderiam ter posicionamento tão rígido acerca do assunto discutido. Na própria discussão entre os pares ficou acertado que não haveria “certo” ou “errado”. Com isso, os discentes pontuaram que eles próprios devem ser

críticos quanto à utilização de alimentos transgênicos. Chegando neste ponto, parece que mais um objetivo da proposta do debate foi atingido, sendo está a construção de novas perspectivas por parte dos envolvidos no processo (CAPECCHI & CARVALHO, 2000).

(2) Fatores relacionados ao ambiente da sala de aula

Parte da falta de motivação encontrada nos alunos parece estar relacionada com a forma que os professores lecionam os conteúdos, onde as aulas são majoritariamente expositivas e pautadas no ensino tradicional (PEREIRA & LIMA, 2018; MACIEL, 2012). É neste contexto que a aplicação do debate se torna interessante, uma vez que essa proposta posiciona os alunos diante de uma nova realidade, tornando-os protagonistas do processo de aprendizagem (BZUNECK & BORUCHOVICH, 2009). Essa afirmação pode ser ratificada na fala do universitário:

> A3: [O debate] É uma experiência a mais do que a sala de aula, a gente sai do contexto da sala de aula pra um debate, isso fica mais esclarecedor pra gente, faz a gente entender um pouco mais sobre o assunto do que talvez dentro de uma sala de aula.

Nesta exposição do aluno é perceptível a importância que ele atribui ao debate, o que é confirmado por Lourenço e Paiva (2010) ao trazerem que os acadêmicos costumam demonstrar maior interesse por atividades que despertem neles diferentes formas de adquirir o conhecimento. A motivação parece então estar também relacionada à participação dos acadêmicos em processos de ensino e aprendizagem que fujam à metodologia tradicional tão comumente empregada da didática do ensino superior.

Na fala de outro universitário é expressa a sua preocupação com esse tipo de atividade para a sua formação profissional e de como esse tipo de intervenção pedagógica deveria ser utilizada com maior frequência pelos professores universitários.

> A4: Aqui na faculdade, a universidade ela tem que proporcionar pro aluno esse tipo de situações que ele vai enfrentar lá fora, não só sala de aula, mas levar ele a situações que ele tem que pensar rápido, que ele tem que agir rápido, que ele tem que arrumar soluções rápidas, porque lá fora vai ser assim. Lá fora você não tem um tempo pra tal dia trazer o problema, não, o patrão seu vai chegar com o problema e você tem que chegar com a solução pra ele naquela hora, então é importante a faculdade levar ao debate o aluno a outras situações, porque faz o aluno pensar mais rápido. É isso, leva a gente a situações que lá fora vão acontecer na realidade.

É visível que o aluno credita maior importância para a proposta do debate do que para atividades didáticas convencionais. Quando o acadêmico é posto como participante ativo do

processo, ele se torna mais responsável por sua própria aprendizagem e é justamente sobre este aspecto que trata à fala a universitária participante do debate:

> A5: Hum... A minha experiência foi que eu tive, eu tive o poder de conhecer sobre o tema, me aprofundar e poder não ficar só no imparcial e não ser manipulada pela mídia ou manipulada por alguém que entenda. Eu posso agora ter minha opinião própria sobre o tema.

A fala da acadêmica trata do processo de formação de pensamento que ela participou em que ela teve maior autonomia na aquisição do conhecimento. Esse cenário é necessário uma vez que propicia à motivação dos alunos ao atribuir-lhes maior parcela de responsabilidade na relação ensino e aprendizagem.

Outro aspecto interessante da metodologia do debate desenvolvido foi que os alunos não escolheram qual lado iriam defender no debate (a favor ou contra o uso de transgênicos) e isso parece ter tido grande importância durante a preparação dos mesmos para sua arguição e desenvolvimento de posicionamento. Neste contexto, a fala a seguir foi destacada:

> A3: [...] eu tive que estudar, eu sou a favor dos transgênicos, mas tive que estudar a área contra dos transgênicos, então eu tive que expandir muito mais. Se fosse uma prova, seria muito mais restrito a até a percepção, nem daria pra aguçar... por exemplo, já faz quatro horas que estamos aqui debatendo, numa prova em um hora você já está exausto, e você não utilizou o que você poderia ter utilizado.

Aqui o aluno pondera seu desempenho no debate e em uma prova tradicional e mais uma vez é relatado o quanto essa atividade diferenciada cobra mais dos acadêmicos que o simples reproduzir de ideias a que estão acostumados. Na aplicação da proposta foi possível o "trocar de ideias" e a construção de novos conhecimentos, tudo isso em um ambiente que prioriza o caráter coletivo e dinâmico do trabalho científico (PEREIRA & LIMA, 2018; ALTARUGIO, DINIZ & LACATELLI, 2010).

(3) Fatores internos ao aluno

Há indícios que, ao participar de todo o processo de preparação que o debate exige, os discentes agora possuidores de maior propriedade sobre o assunto discutido, se tornem mais aptos a realizar efetivamente a discussão. Tal aspecto é registrado na fala da acadêmica:

> A8: Eu nunca tinha participado de um de um debate dessa forma que eu pudesse poder me expressar e enxergar as coisas de uma outra maneira. Então assim a gente aprende a construir... é um pensamento um pouco diferente e não apenas ingerir o que todo mundo vai falando pra gente.

Nesta exposição a discente demonstra satisfação em participar de uma atividade em que ela tem a oportunidade se expressar e ainda enxergar suas próprias ideias por novos prismas,

não mais encarada como agente passivo do processo de ensino e aprendizagem que apenas recebe as ideias prontas e acabadas (SILVA, 2018; LENS, MATOS & VANTEENKISTE, 2008).

Essa maior autonomia dá ao acadêmico a propriedade para comparar os processos de aprendizagem a que são expostos, exemplo disto é visto na fala do seguinte universitário:

> A6: As desvantagens do debate é que, pra gente que está estudando, é muito mais difícil você se preparar pra um debate do que se preparar pra uma prova, extremamente mais difícil. Isso porque na prova você ainda tem a possibilidade de errar algumas coisas, no debate você está representando o grupo, você não pode dar uma informação errada.

Com a fala do aluno pode ser inferido que o mesmo dá um maior grau de responsabilidade em participar de um debate do que em fazer uma prova. Segundo o próprio acadêmico, no debate representa-se um grupo e isso implica na responsabilidade pela aprendizagem do colega. Desta forma, por meio do debate, os alunos foram instigados pelos próprios colegas a buscar clareza e coerência na apresentação das arguições durante as discussões. Ou seja, o nível de dedicação e persistência individual de cada participante foram otimizados por meio da interação social de corresponsabilidade (POLYDORO & AZZI, 2008).

Alguns universitários também enxergaram no debate algumas semelhanças com situações que podem encontrar na vida profissional e isso pode ser explanado seguinte fala:

> A3: No nosso ramo profissional a gente não vai poder escolher tudo que vai ser a favor ou contra, a gente vai ter que encarar uma coisa que não gosta, mas vai ter a responsabilidade de fazer porque é sua profissão.

A fala do acadêmico se relaciona, principalmente, ao fato de não ter escolhido o ponto de vista que iria defender, ou seja, foi lhe atribuído um problema e ele se viu na responsabilidade de solucioná-lo, defendendo a posição que lhe foi designada e ao realiza-la, conseguiu estabelecer relação desta situação com uma provável atuação profissional. Um segundo universitário ainda completa a fala do primeiro:

> A1: Então, acho assim, no debate como no mercado de trabalho, a gente tem que estar preparado pra tudo, igual algumas perguntas que o A5 me fazia a gente tinha que elaborar ali na hora, tinha que construir na hora, então é, procurar soluções rápidas pro problema. É isso que o mercado de trabalho procura uma pessoa que tenha ideias boas e que saia de um problema mais rápido possível.

O acadêmico parece manifestar o valor que ele atribui a atividade realizada (BEMBENUTTY *et al*, 1998) e, consequentemente, credita valor ao debate para sua formação no curso de engenharia agrícola. O debate, mais uma vez, mostrou-se uma atividade relevante no que tange ao preparo do acadêmico para as situações reais de sua profissão.

Alguns poucos alunos não demonstraram interesse pela proposta, porém, afirmar o motivo real para esta situação não é possível, pois cada aluno traz consigo um universo particular e os fatores que podem desmotivar os acadêmicos são inúmeros. Neste sentido, Maciel (2012) pontua possíveis fatores que podem gerar desmotivação nos universitários para realizarem seus afazeres: (1) a real preferência por realizar outras atividades, em vez de frequentar a faculdade; (2) frequentar a faculdade como um fim em si mesmo e não para aprender; (3) problemas pessoais (de saúde, psicológicos, financeiros, etc.); (4) preguiça; (5) falta de escolha vocacional; (6) valores continuadamente imaturos.

A falta de compromisso com as atividades extraclasse, a presença apenas física nas aulas, a falta de preparação para os exames e a indisciplina em sala de aula são características presentes nos alunos com desempenho abaixo do desejado. Porém, todos esses fatores são resultados da falta de motivação. Resolvendo-se a problemática da motivação, tem-se um menor índice de reprovação e evasão em uma disciplina/curso. Por outro lado, curiosamente, os próprios acadêmicos parecem ter consciência de que seu rendimento está ligado à sua motivação (SANTOS; BORUCHOVITCH & OLIVEIRA, 2009).

(4) Comportamento motivado em si

Pintrich (1991) afirma que os comportamentos motivados em si nada mais são do que os comportamentos reais observáveis, ou seja, as ações concretas que a motivação leva o acadêmico a realizar. Neste contexto, é apresentada a fala de um participante do debate:

> A4: Eu pesquisei para trazer fatos, porque a gente não pode chegar aqui e falar uma opinião nossa sem a gente saber se é verdade ou não, e acabar falando alguma mentira e depois dá problema. A gente tem que procurar ter responsabilidade de falar uma coisa que tem fato já, que já foi comprovado por cientistas.

É perceptível o grau de seriedade que o aluno destina ao debate, se atentando em trazer dados confiáveis que possam respaldar seus posicionamentos. Neste caso, a motivação de participar de forma efetiva do debate levou o aluno a ação concreta de fazer um levantamento do assunto em jornais, artigos e vídeos, entre outros. Aqui também pode ser levantado outro ponto, que é a própria imagem do aluno perante aos demais e a si próprio, pois apresentar dados errôneos pode expô-lo a indesejada situação de incredibilidade.

Alguns discentes apresentaram postura e comportamento de liderança ao se relacionarem com os pares e isso foi percebido durante as diferentes etapas da proposta. Da mesma maneira, houve também acadêmicos que se sobressaíram em suas falas durante o debate por conseguirem expor de forma mais clara seus pontos de vista. Na seguinte exposição, um

aluno que se destaca pela postura de líder, explica como foi a ação para organizar seu grupo para o dia do debate:

> A6: Bom, o nosso grupo inicialmente teve um planejamento estratégico, montou-se um grupo no WhatsApp usando as redes sociais pra comunicação, foi delegado funções para os integrantes, preestabelecidas e depois houve uma interação para um nivelamento do conhecimento do grupo. Não houve nenhuma discussão, nada, porque todos é trabalhando em equipe pra fortalecer o grupo e visando que com todos os integrantes do grupo chegassem aqui com uma visão do conhecimento maior, pra que ninguém num expusesse nosso grupo ao ridículo as vezes, falar uma coisa que não seria coerente, então houve uma interação muito ótima.

Segundo a fala do aluno houve contribuição individual da maioria dos envolvidos e a cooperação individual acabou influenciando de forma benéfica na motivação do grupo como um todo. Os próprios alunos tiveram o papel de ir gerenciando as atividades desenvolvidas pelos colegas, ou seja, no contexto interno do grupo, os próprios participantes impulsionaram o desenrolar da proposta.

Na questão da motivação que cada acadêmico teve, os mesmos utilizaram, ainda que inconscientemente, a autorregularem para realizar as atividades propostas. Com isso, não foi preciso que o professor ficasse pressionando os alunos a apresentar resultados, os próprios universitários tiveram que ter consciência de seus comportamentos, assim como é comumente esperado dos educandos do nível superior.

A exibição dos vídeos que introduziram as ideias que defenderiam no debate, foi outro momento surpreendente da proposta. Os grupos, além do que foi solicitado pelo professor/pesquisador, também trouxeram, entrevistas com posições de profissionais relevantes na área da engenharia agrícola. Essa atitude traz outro indício do alto grau motivação em participar do debate, indo além do que a proposta exigia, mostrando amadurecimento e autorregularem (JOLY *et al*, 2012).

Cabe também ressaltar que grande parte da motivação em participar do debate está ligada ao fato do tema escolhido ter sido “alimentos transgênicos”, sendo esta problemática um assunto demasiadamente polêmico para os alunos da engenharia agrícola. Neste sentido, ressalta-se que o professor tenha bastante cuidado na escolha do tema a ser abordado quando for aplicar uma intervenção pedagógica, devendo a temática estar relacionada com contexto em que a disciplina é ministrada (SOLIGO, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de todo o exposto, encontraram-se indícios suficientes para acreditar que a utilização do debate, como intervenção pedagógica, tem potencial para acarretar mudanças positivas na motivação dos acadêmicos do curso de engenharia agrícola da Universidade Estadual de Goiás na disciplina de química geral. Foi possível ratificar que o debate possibilita o "trocar de ideias" e a construção de novos conhecimentos em um ambiente que prioriza o caráter coletivo e dinâmico do trabalho científico. Atribui-se a eficácia do debate também por se caracterizar como uma estratégia de abordagem de conteúdos que rompe com os pressupostos do ensino tradicional.

É possível pontuar como principais vantagens da escolha do debate como intervenção pedagógica para a vida acadêmica os seguintes itens: analise de variadas perspectivas sobre um mesmo assunto; introdução do gênero científico escolar no fazer universitário; possibilidade de inserção de novos padrões de comportamentos; construção de pontos de vistas a partir do coletivo; possibilidade de mudança de posicionamentos; acadêmicos como protagonistas do processo de aprendizagem; estratégia não pautada no ensino tradicional; promoção da interação entre os acadêmicos antes e durante as discussões; oportunidade de expressão das perspectivas particulares e discente com maior responsabilidade por sua própria aprendizagem.

Foi possível analisar os resultados obtidos nesta investigação sob o prisma das quatro categorias propostas por Pintrinch para analisar a motivação em universitários. Quanto ao contexto sociocultural, observou-se que os acadêmicos se portaram no debate trazendo um repertório das suas vivências e estudos anteriores. A experiência sociocultural anterior parece ter influenciado na postura, oratória e linguagem utilizada pelos universitários durante as discussões. Já no que se refere aos aspectos relacionados ao ambiente de sala, percebeu-se que a aplicação do debate foi valorosa uma vez que posicionou os alunos diante de uma nova realidade, tornando-os protagonistas do processo de ensino e aprendizagem.

Com relação aos fatores internos ao aluno, o empenho na realização da proposta faz crer que os discentes creditaram ao debate relevância para sua formação no curso de engenharia agrícola e, ratificando esse posicionamento, houve bastante ênfase na fala dos acadêmicos em dizer que o debate tem potencial de prepará-los para a vida profissional. E no que tange ao comportamento motivado em si, constatou-se que os acadêmicos desenvolveram atitudes concretas ao buscarem fontes para embasar seus questionamentos, se organizarem para trabalhar coletivamente (alguns inclusive apresentando postura de liderança) e apresentarem elementos não solicitados pelo professor/pesquisador na apresentação do vídeo introdutório de cada grupo.

Sendo também do professor a tarefa de promover a motivação nos acadêmicos, é aconselhável que se evite algumas situações muito comuns do ambiente universitário, tais como: ênfase nas notas, o clima competitivo, a formação de grupos homogêneos por capacidade, as excessivas regras, a valorização da capacidade relativa, redução nas oportunidades de escolhas, as atividades desinteressantes e pouco desafiadoras, a relação mais impessoal entre professor e aluno e as rígidas formas de avaliação.

Uma vez que o ensino superior é o nível de ensino menos privilegiado nas investigações do Ensino de Ciências, este trabalho se apresenta como aporte para os professores universitários que desejam inserir o debate em suas práticas docentes e também abre perspectivas para que novas pesquisas utilizem o debate como estratégia propiciadora de inferências na motivação não só de graduandos, mas também de pós-graduandos. O desenvolvimento de mais investigações neste sentido, porem utilizando diferentes variáveis (modalidades, disciplinas, cursos, regras), poderiam enriquecer, ratificar ou retificar as discussões aqui levantadas.

REFERÊNCIAS

ALCARÁ, A. R. E GUIMARÃES, S. E. R. A Instrumentalidade como uma estratégia motivacional. *Psicologia Escolar Educacional*, v.11, n.1, p.177-178, 2007.

ALTARUGIO, M. H.; DINIZ, M. L.; LACATELLI, S. W. O Debate como Estratégia em Aulas de Química. *Química nova na escola*, v.32, n.1, p.26-30, 2010.

BALANCHO, M.J.; COELHO, F. *Motivar os alunos – criatividade na relação pedagógica: conceitos e práticas*. Lisboa: Texto Editora, 1996.

BANDURA, A.; CAPRARA, G. V.; BARBARANELLI, C.; GERBINO, M.; PASTORELLI, C. Role of affective self-regulatory efficacy in diverse spheres of psychosocial functioning. *Child Development*, v.74, n.3, p.769-782, 2003.

BELUCE, A. C.; OLIVEIRA, K. L. Escala de estratégias e motivação para aprendizagem em ambientes virtuais. *Revista Brasileira de Educação*, v. 21 n. 66, 2016.

BEMBENUTTY, H.; MCKEACHIE, W. J.; KARABENICK, S. A.; LIN, Y. *The relationship between test anxiety and selfregulation on student's motivation and learning.* Paper apresentado na Reunião Anual da "American Psychological Society". Washington, 1998.

BROPHY, J. *Research on motivation in education: past, present and future*. In: URDAN, T.C.; MAEHR, M. E PINTRICH, P.R. (ED.). Advances in motivation and achievement p.1-44. Greenwich: Jai Press.1994.

BZUNECK, J. A. (2004). A motivação do aluno orientado a metas de realização. In E. Boruchovitch; J. A. Bzuneck (Orgs.), *A motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea*. Petrópolis, RJ: Vozes.3ª edição, p.58-77, 2004.

BZUNECK, J. A. (2010). Como motivar alunos: Sugestões práticas. In E. Boruchovitch & J. A. Bzuneck (Orgs.), *A motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea*. Petrópolis, RJ: Vozes.3ª edição, p.58-77, 2004.

BZUNECK, J. A. *A motivação do aluno: aspectos introdutórios*. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (orgs.). A Motivação do Aluno: Contribuições da psicologia contemporânea. 4. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, p.9-36, 2009.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. *Interações discursivas na construção de explicações para fenômenos físicos em sala de aula*. Atas do VII EPEF, Florianópolis, 2000.

COTE, J. E.; LEVINE, C. Student motivations, learning environments, and human aquisition: toward an integrated paradigm of student development. *Journal of College School Development*. v.38, n.3, p.229-43, 1997.
DE CHIARO, S.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. Psicologia: *Reflexão e Crítica*, v.18, n.3, p.350-357, 2005.

DEMBO, M. H. *Motivation and learning strategies for college success*: a self- management approach. Mahwah, New Jersey. Lawrence Erlbaum Associates Publishers. 2000.

ECCLES, J. S; WIGFIELD, A. Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, v.53, p.109-132, 2002.

GARRIDO, I. *Motivacion, emocion y accion educativa*. p.284-343. Bilbao: Desclee de Brower, 1990.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLLERIZO-FERNÁNDEZ, A.; CLEMENTE-GALLARDO, M. Aprender a comunicar ciencia aumenta la motivación del alumnado: La jornada científica como una propuesta didáctica en educación secundaria. *Revista Electrónica Educare*, v. 23, n. 2, p. 1-23, 2019.

GUIMARÃES, S. E. R.; BORUCHOVITCH, E. O Estilo Motivacional do Professor e a Motivação Intrínseca dos Estudantes: Uma Perspectiva da Teoria da Autodeterminação. Psicologia: Reflexão e Crítica, v. 17, n.2, p.143-150, 2004.

JOLY, C. R. A.; DIAS, A. S.; ALMEIDA, L. S.; FRANCO, A. Autorregulação na Universidade. II Seminário Internacional "Contributos da Psicologia em Contextos Educativos". Braga: Universidade do Minho, 2012.

LENS, W.; MATOS, L.; VANSTEENKISTE, M. Professores como fonte de motivação dos alunos: O quê e o porquê da aprendizagem do aluno. *Educação*, v.31, n.1, p.17-20, 2008.

LINNENBRINK, E.; PINTRICH, P. Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review*, v.31, n.3, p.313-327, 2002.

LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. *Ciências & Cognição*, v.15, n.2, p.132-141, 2010.

LUDKE, M; ANDRÉ, M. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

LUQUE, L. M. A tribute to Paul R. Pintrich's contributions to psychology and education. *Eletronic Journal of Research in Education Psychology*, v.2, n.1, p.159-162, 2004.

MACIEL, A. G. *Motivação e intervenção em estratégias de aprendizagem para compreensão leitora*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina, 2012.

MARTINI, M. L. *Atribuições de causalidade, crenças gerais e orientações motivacionais de crianças brasileiras.* Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 1999.

MORTIMER, E.F. e MACHADO, A.H. A linguagem numa aula de ciências. *Presença Pedagógica*, n.11, p.49-57, 1996.

MUELLER, R. J. *Instrucional Psychology*. Champaigh: Stipies, 1992.

PACHANE, G. G. *A experiência universitária a partir da percepção do aluno.* Resumo de Comunicação Científica apresentado na XXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Psicologia. Ribeirão Preto 1999.

PEREIRA, W. O; LIMA, F. T. Desafio, Discussão e Respostas: estratégia ativa de ensino para transformar aulas expositivas em colaborativas. *Einstein*, v. 16, n. 2, p. 1-4, 2018.

PINTRICH, P. R. A motivacional science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, v.95, n.4, p.667-686, 2003.

PINTRICH, P. R. Understanding self-regulated learning. *New directions for teaching and learning.* v.63, p.3-12, 1995.

PINTRICH, P., SMITH, D., GARCIA, T. & MCKEACHIE, W. *A manual for the use of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ)*. National Center for Research to Improve, 1991.

PINTRICH, P.R. *The role of goal orientation in self-regulated learning*. San Diego: Academic Press, p.452-502, 2005.

POLYDORO, S. A. J., PRIMI, R., SERPA, M. N. F., ZARONI, M. M. H., & POMBAL, K. C. P. Desenvolvimento de uma escala de integração ao Ensino Superior. *Psico-USF*, v.6, n.1, p.11-18, 2001.

POLYDORO, S. A. J.; AZZI, R. *Autorregulação: aspectos introdutórios*. In: Bandura, A.; Azzi, R.; Polydoro, S. A. J. (orgs.). Teoria Social Cognitiva: conceitos básicos. Porto Alegre, Editora Artmed, p.149-164, 2008.

RIBEIRO, M. F.; SARAIVA, V., PEREIRA, P., RIBEIRO, C. Escala de Motivação Académica: Validação no Ensino Superior Público Português. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 23, n. 3, p. 288-310, 2019.

RIBEIRO, R. A.; FONSECA, F. S. A.; SILVA, P. N. *Estudantes do Ensino Médio e a motivação para estudar Química.* XXVI Congreso Latinoamericano de Química. 30 de Maio a 02 de Junho de 2004.

RUIZ, M. V. *Aprendizagem em universitários: variáveis motivacionais*. Tese de Doutorado. Campinas, São Paulo. 2005

RYAN, R. M.; DECI, E. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, v. 55, n. 1, p. 68-78, 2002.

SANTOS, A. A. A.; BORUCHOVITCH, E.; OLIVEIRA, K. L. *Cloze: um instrumento de diagnóstico e intervenção.* São Paulo: Casa do Psicólogo, 2009.

SASSI, A. G.; MARTINELLI, S. C. Relações entre Autoeficácia e Motivação Acadêmica. Revista PSICOLOGIA, CIÊNCIA e PROFISSÃO, v.30, n.4, p.780-791, 2010.

SCHUNK, D. H. Self-efficacy and academic motivation. *Education Psychologist,* v.26, p.207-231, 1992.

SILVA, J. F. Didática no Ensino Superior: estratégias de ensino adequadas à arte de ensinar. *Educação Por Escrito*, v. 9, n. 2, p. 204-219, 2018.

SOLIGO, R. *Dez importantes questões a considerar... Variáveis que interferem nos resultados do trabalho pedagógico***.** Revista Escola, edição 256, 2001.

VEIGA, I. P. A.; RESENDE, M. L. G. E FONSECA, M. *Aula universitária e inovação*. In VEIGA, I. P. A.; CASTANHO, M.E.L. M. (org.). Pedagogia universitária. Campinas: Papirus, 2000.

DESAFIOS NO ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM UM CURSO DE LICENCIATURA EM EDUCAÇÃO DO CAMPO

Alexandre Leite dos Santos Silva [1]
Suzana Gomes Lopes [2]
Tamaris Gimenez Pinheiro [3]
Gardner de Andrade Arrais [4]

RESUMO

Este texto tem por objetivo discutir os desafios encontrados por estudantes, de um curso de Licenciatura em Educação do Campo/Ciências da Natureza do Estado do Piauí, no Estágio Supervisionado. Para isso, foi empreendida uma pesquisa de cunho qualitativo, por meio de questionário, aplicado a 18 estagiários. Também foram analisados o Projeto Pedagógico do Curso e relatórios de estágio. Os resultados da pesquisa sublinharam dois desafios: a dificuldade no ensino multidisciplinar no Ensino Médio de componentes curriculares da área das Ciências da Natureza, sobretudo a Física e a Química; e a situação precária das escolas do campo onde os estágios acontecem. O estudo do Estágio Supervisionado mostrou a assimetria entre a composição curricular do curso e as exigências profissionais dos futuros professores. Mostrou-se também a necessidade de políticas públicas e lutas coletivas para a valorização da escola do campo.

Palavras-chave: Estágio Supervisionado Obrigatório, Educação do Campo, Ciências da Natureza, Escolas do campo, Formação de professores.

INTRODUÇÃO

A Educação do Campo emergiu como um paradigma educacional no Brasil, pensada com e para a população camponesa, a partir da década de 1990 através, principalmente, do papel do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST (MOLINA; JESUS, 2004; CALDART, 2012). Desde então, esse paradigma ainda em construção tem sido alicerçado na superação da dicotomia entre o rural e o urbano e na importância de se criar laços de pertencimento com o campo para o fortalecimento da identidade do camponês, em oposição ao paradigma hegemônico da Educação Rural, que historicamente tem promovido uma educação

[1] Doutor em Educação. Professor do Curso de Licenciatura em Educação do Campo da Universidade Federal do Piauí – PI, alexandreleite@ufpi.edu.br;
[2] Doutora em Biotecnologia. Professora do Curso de Licenciatura em Educação do Campo da Universidade Federal do Piauí – PI, sglopes@ufpi.edu.br;
[3] Doutora em Ciências Biológicas. Professora do Curso de Licenciatura em Educação do Campo da Universidade Federal do Piauí – PI, tamarisgimenez@yahoo.com.br;
[4] Doutor em Educação. Professor do Curso de Licenciatura em Educação do Campo da Universidade Federal do Piauí – PI, gardner.arrais@gmail.com.

que desconsidera o contexto, os saberes e os valores das classes populares do campo (BRASIL, 2003; RIBEIRO, 2013). Essa construção também tem recebido a contribuição de diversas matrizes pedagógicas, como a pedagogia do movimento e a pedagogia da alternância (CALDART, 2011).

Nessa direção, surgiram desde 2006 os cursos de Licenciatura em Educação do Campo – LEdoCs, dentro do Programa de Apoio à Formação Superior em Licenciatura em Educação do Campo – PROCAMPO (MOLINA, 2015). Dos cursos existentes atualmente, grande parte possui enfoque na área de Ciências da Natureza (HALMENSCHLAGER *et al.*, 2017), cujo objetivo é formar educadores habilitados para atuarem multidisciplinarmente nessa área de conhecimento no Ensino Fundamental e Médio em escolas do campo. A multidisciplinaridade, nesse caso, pode ser definida como o agrupamento de disciplinas sem a exigência de estabelecer claramente os nexos de interligação entre elas (SANTOMÉ, 1998). Os egressos desses cursos são também habilitados para a gestão de processos escolares e comunitários (MOLINA, 2015).

De uma forma geral, as LEdoCs são cursos regulares que funcionam em regime de alternância com duas etapas formativas por semestre: o tempo-universidade, que é quando o aluno tem aulas dentro da universidade, sendo considerada uma etapa presencial; e o tempo-comunidade, que é quando os estudantes combinam teoria e prática ao desenvolverem pesquisas e/ou mobilizarem a comunidade onde residem ou trabalham (MOLINA, 2015). Respeitando esse regime formativo, as LEdoCs incluem o Estágio Supervisionado em sua organização curricular, com carga horária de no mínimo 400 horas (BRASIL, 2015), seguindo os preceitos e objetivos estabelecidos pela legislação:

> Estágio é ato educativo escolar supervisionado, desenvolvido no ambiente de trabalho, que visa à preparação para o trabalho produtivo de educandos que estejam frequentando o ensino regular em instituições de educação superior, de educação profissional, de ensino médio, da educação especial e dos anos finais do ensino fundamental, na modalidade profissional da educação de jovens e adultos (BRASIL, 2008, p. 1).

Dessa forma, o Estágio Supervisionado visa a aproximação da realidade profissional, em preparação para o trabalho, podendo ser na modalidade obrigatória ou não-obrigatória (BRASIL, 2015). Essa aproximação é realizada mediante o desenvolvimento de atividades pertinentes à formação em um ambiente de trabalho em que o estagiário deve ser efetivamente supervisionado/acompanhado tanto pelo orientador, que é um professor ligado à universidade, como pelo supervisor, que é um profissional do local de trabalho com formação e/ou experiência na área (BRASIL, 2008). Contudo, a maneira como o estágio será gerido e avaliado

em cada instituição e curso de licenciatura depende da perspectiva de estágio adotada e, por conseguinte, de professor que se quer formar. Com base em Pimenta e Lima (2012), é possível distinguir pelo menos três perspectivas de estágio: (1) a perspectiva da imitação; (2) a perspectiva técnica; e (3) a perspectiva da pesquisa.

A perspectiva da imitação se baseia na imitação de modelos existentes na prática, dos professores considerados "bons". O Estágio Supervisionado nessa perspectiva se resume a observar o professor supervisor em sala de aula e imitá-lo, sem considerar a análise do contexto escolar. O estagiário basicamente deve elaborar e executar "aulas-modelo". Essa perspectiva, no entanto, carece de análise crítica e que se considerem as particularidades de cada contexto de atuação profissional docente, pois o conceito de "bom professor" é polissêmico.

A perspectiva técnica se vale da concepção de professor como o aplicador de instrumentos e técnicas. Assim, o Estágio Supervisionado seria o momento do licenciando colocar em prática, na escola, a teoria, as técnicas e os métodos aprendidos na universidade. Nessa perspectiva, são comuns as fichas de observação, as oficinas pedagógicas, as atividades de microensino e as microaulas. No entanto, esse entendimento é ingênuo e também carece de criticismo por se respaldar no mito das técnicas e da metodologia, como se estes fossem a panaceia dos problemas de aprendizagem. Não considera que o processo educativo, que inclui a aprendizagem, é condicionado por vários fatores de ordem política, econômica e social. Além disso, essa perspectiva, por partir da avaliação das práticas escolares através de visão e de modelos oriundos da universidade, promoveu conflitos e o distanciamento entre esta e a escola.

Por fim, a perspectiva da pesquisa, proveniente da epistemologia da prática e dos modelos de professor pesquisador e crítico-transformador, propõe a superação da dicotomia entre teoria e prática (SCHÖN, 1992; STENHOUSE, 1991; GIROUX, 1997). Desse modo, o Estágio Supervisionado deve ser, ao mesmo tempo, teoria e prática. A prática educativa é considerada na sua dimensão institucional como resultado das ações, em âmbito individual e coletivo, dos atores escolares. Sob essa visão, todas as disciplinas do curso de licenciatura devem ser teóricas e práticas e estarem articuladas com o Estágio Supervisionado na formação dos futuros professores. O Estágio Supervisionado deve propiciar tempos e espaços para a compreensão da realidade escolar através da problematização, da pesquisa, da intervenção e da reflexão crítica.

Nessa última perspectiva, para Carvalho (2012), pesquisadora na área de ensino de Ciências, o Estágio Supervisionado, em meio à observação, à regência e à pesquisa, é uma ocasião para os estudantes vivenciarem propostas inovadoras e a reflexão crítica.

> Incentivamos a experimentação, pelos professores, dessas atividades em suas aulas e seu registro (em vídeo) como material de discussão e reflexão coletiva dos processos de ensino e aprendizagem, concebendo então a prática pedagógica como objeto de investigação, como ponto de partida e de chegada de reflexões e ações pautadas na articulação teoria-prática. Procuramos assim criar condições para que o professor seja também o pesquisador de sua prática pedagógica (CARVALHO, 2012, p. IX).

Apesar dos desenvolvimentos teóricos sobre o Estágio Supervisionado, a literatura acadêmica tem apontado problemas no desenrolar do mesmo. Por exemplo, Martins (2009), em um estudo com estagiários de um curso de Licenciatura em Física, relatou problemas como a falta de infraestrutura das escolas públicas, a necessidade de um ambiente propício para o trabalho coletivo, a desmotivação dos professores colaboradores das escolas e a dificuldade dos estagiários de superarem o ensino tradicional, apesar de uma formação universitária que os incentivava a inovarem metodologicamente.

Em outra pesquisa sobre a mesma temática, com estagiários de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Rosa, Weigert e Souza (2012) mostraram que o currículo do curso investigado era precário para a formação do professor e, por conseguinte, que os alunos se sentiam despreparados para a docência. Constatou-se no estágio de regência um choque dos estagiários com a realidade escolar, principalmente por perceberem que os conteúdos aprendidos durante o curso não condiziam com a realidade da sala de aula no Ensino Fundamental e Médio. Contudo, concluiu também que o estágio curricular é um componente extremamente importante, pois é um elemento facilitador da articulação entre a teoria e a prática e de aproximação com a realidade profissional.

Milanesi (2012) fez uma pesquisa com professores supervisores de estágio e apontou que ele pode ser uma ferramenta para a reprodução de modelos pré-estabelecidos. Também mostrou que para muitos supervisores a prática e a teoria continuam dicotomizadas. Ademais, deixou evidente a importância das escolas da Educação Básica se abrirem para a realização do estágio.

Também Guerta e Camargo (2015) realizaram um estudo sobre o papel do Estágio Supervisionado na aprendizagem. O estudo realizado com estagiários de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas mostrou que ele contribui com conhecimentos teóricos e práticos, além da aprendizagem através de experiências pessoais dentro e fora da escola, neste último caso através das interações com os colegas de estágio e os professores orientadores da universidade. Apontaram para o potencial do Estágio Supervisionado para o trabalho coletivo articulado. Nesse sentido, constataram a falta de uma articulação entre a universidade e a escola.

Também indicaram o peso da socialização entre os pares para o desenvolvimento profissional do professor, algo que deveria constar nos contratos de trabalho como parte da prática docente.

Em um estudo sobre políticas curriculares e profissionalização docente, Garcia (2015) expôs que o Estágio Supervisionado pouco mudou no cenário das licenciaturas brasileiras, apesar das reformas curriculares desses cursos, pois continua dicotomizando a teoria e a prática e também continua fazendo parte de um contexto de fragilidade na cooperação entre a universidade e as escolas. As opiniões expressas no seu estudo por estagiários de diversos cursos de licenciatura exibem um quadro desalentador dos estágios supervisionados nos cursos de licenciatura, em que os estagiários se sentem pouco preparados para assumirem as suas prospectivas habilitações.

Martins *et al.* (2016) procuraram estudar as concepções dos estagiários de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e mostraram que este componente curricular deve estar articulado com as disciplinas do curso. Os resultados mostraram que nem todos os alunos concebiam o Estágio como um componente importante para a sua formação, e que o esclarecimento sobre o seu valor depende da cooperação das escolas-campo (escolas da Educação Básica onde são realizados os estágios) e da universidade e que cada ator da tríade envolvida no processo – orientador, supervisor e estagiário – compreenda, através da reflexão coletiva, o seu papel e o do estágio dentro do processo formativo.

As pesquisas supracitadas mostram que o Estágio Supervisionado no cenário brasileiro apresenta muitos problemas que comprometem a formação profissional inicial dos professores. Alguns dos problemas relatados têm relação com os conflitos históricos nas concepções sobre os modelos de formação de professor que se quer alcançar e, consequentemente, na fragilidade dos conteúdos específicos e didático-pedagógicos construídos durante os cursos de formação (SAVIANI, 2009). Diante disso, o objetivo desse texto é discutir sobre os desafios encontrados no Estágio Supervisionado Obrigatório na formação de educadores do campo para o ensino de Ciências da Natureza. Por conseguinte, o problema norteador da pesquisa pode ser representado pela seguinte questão: quais são os desafios encontrados no Estágio Supervisionado Obrigatório de um Curso de Licenciatura em Educação do Campo, do Estado do Piauí, para a formação de educadores do campo para o ensino de Ciências da Natureza?

Para que a resposta do problema fosse alcançada, a pesquisa baseou-se na abordagem qualitativa, através da aplicação do questionário a uma turma de estagiários de um Curso de Licenciatura em Educação do Campo. O Projeto Pedagógico do Curso e relatórios de estágio também foram analisados. Os resultados mostrarão os desafios no Estágio Supervisionado em dois eixos temáticos: a dificuldade do trabalho multidisciplinar no Ensino Médio e a situação

precária das escolas do campo. Por conseguinte, esse trabalho poderá contribuir para os estudos na área de formação de professores, pois discute a temática do Estágio Supervisionado abrangendo as Ciências da Natureza de forma multidisciplinar em um curso relativamente novo – o Curso de Licenciatura em Educação do Campo – e na realidade da Região Nordeste. Por isso, o trabalho insere-se nas lacunas das pesquisas sobre Estágio Supervisionado na área de ensino de Ciências, pois é realizado no Nordeste onde há relativa escassez de estudos sobre o estágio, segundo o mapeamento recente de Assai, Broietti e Arruda (2018). Também não foram encontrados nesse mapeamento referências a estudos na área de Ciências sobre os estágios nos cursos de Licenciatura em Educação do Campo.

METODOLOGIA

A pesquisa pautou-se principalmente na abordagem qualitativa, cujo foco está na interpretação dos dados, com o objetivo de descrever e compreender a realidade, conforme Lüdke e André (2013). Nessa ótica, o estudo foi realizado com estagiários, matriculados no Estágio Curricular Obrigatório, de um curso de Licenciatura em Educação do Campo/Ciências da Natureza, no Estado do Piauí. Este curso, não identificado por motivos éticos, foi criado em 2014, funciona em regime de alternância e habilita para a docência multidisciplinar em Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia) nas escolas do campo que ofertam o Ensino Fundamental e/ou Médio. O Projeto Pedagógico do Curso, também analisado, foi reformulado em 2017 e apresenta o componente curricular de Estágio Supervisionado distribuído nos últimos quatro semestres do curso e correspondendo ao tempo-comunidade: (i) no quinto semestre o Estágio Supervisionado I tem a carga horária de 75 horas e é voltado para a investigação da realidade escolar, sobretudo através da observação; (ii) no sexto semestre o Estágio Supervisionado II é de 90 horas e é voltado para a regência em Ciências no Ensino Fundamental; (iii) no sétimo e no último semestre, respectivamente, o Estágio Supervisionado III e o Estágio Supervisionado IV apresentam cada um a carga horária de 120 horas e são voltados para a regência em Física, em Química e em Biologia no Ensino Médio.

Como instrumento de coleta de dados foi utilizado um questionário misto, elaborado conforme Marconi e Lakatos (2003), e encaminhado eletronicamente, no ano de 2018, a 21 estagiários de uma turma do Estágio Supervisionado IV, dos quais 18 voluntariamente o responderam. Além de perguntas sobre área de domicílio, faixa etária, sexo, formação acadêmica e atividade profissional, o questionário continha as seguintes questões abrangendo os quatro componentes de estágio curricular obrigatório do curso: quais as maiores dificuldades

que teve durante o Estágio Supervisionado? Em qual componente curricular teve mais dificuldade e por quê?

Entre os sujeitos da pesquisa, oito já atuavam como professores na Educação Básica. Seis já eram graduados e o Curso de Licenciatura em Educação do Campo era, portanto, uma segunda graduação. Apenas um dos sujeitos era do sexo masculino. Somente quatro possuíam menos de 25 anos, enquanto que 14 estagiários possuíam acima de 26 anos de idade. Entre os estagiários, sete declararam residir na área urbana e 11 na área rural, havendo representantes dos municípios de Campo Grande do Piauí, Geminiano, Ipiranga do Piauí, Massapê do Piauí, Picos e Vila Nova do Piauí.

Além das respostas ao questionário e do Projeto Pedagógico do Curso, foram analisados os relatórios de estágio dos sujeitos da pesquisa referentes ao último componente de estágio curricular. Através desses relatórios buscou-se compreender detalhes acerca das dificuldades encontradas pelos estagiários.

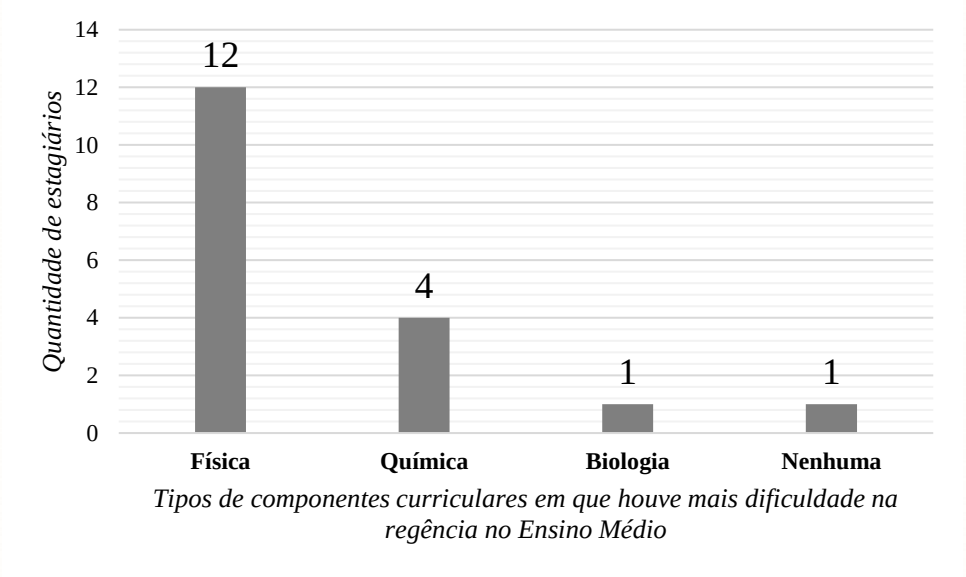
O método de análise consistiu em identificar, em cada resposta dos estagiários, a palavra ou expressão que representasse o seu núcleo de sentido. As respostas foram classificadas em eixos temáticos que agruparam esses núcleos por suas semelhanças. Desse modo, tais eixos temáticos foram criados a partir dos dados coletados empiricamente e são o resultado da compilação e de sínteses de todas as respostas fornecidas pelos sujeitos da pesquisa. Todas as opiniões elencadas como relevantes ao trabalho foram consideradas, embora optou-se na apresentação das respostas mais representativas nas citações diretas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados foi possível elencar os desafios no Estágio Supervisionado em dois eixos temáticos: a dificuldade do trabalho multidisciplinar com os componentes curriculares das Ciências da Natureza no Ensino Médio e o cenário precário das escolas do campo.

Sobre o ensino multidisciplinar, os estagiários expressaram a dificuldade na regência no Ensino Médio. A maioria dos estagiários teve dificuldade no ensino multidisciplinar em pelo menos um dos componentes curriculares das Ciências da Natureza para os quais serão licenciados. Apenas um estagiário expressou não ter dificuldade em algum dos componentes curriculares da área das Ciências da Natureza. O componente mais difícil de ensinar, segundo os estagiários, é a Física no Ensino Médio, seguido pela Química (FIG. 1).

Figura 1 – Componentes curriculares em que os estagiários tiveram mais dificuldade de ensinar no estágio de regência no Ensino Médio



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Alguns sujeitos inquiridos explicaram no questionário os seguintes motivos para tais dificuldades:

> Em Biologia, devido a termos que eu não compreendia. (Estagiário 01)
>
> Química, por termos tido poucas aulas no decorrer do curso. (Estagiário 02)
>
> Em Física é bem mais difícil o aprendizado. Por mais que você estude, se prepare para repassar é complicado. (Estagiário 03)
>
> Física porque é uma disciplina mais complexa, que contém muitos cálculos, e requer mais habilidade e atenção do aluno. (Estagiário 05)
>
> Física foi bastante dificil porque no curso vimos pouco da disciplina. (Estagiário 06)
>
> Por ter tido uma base muito mutilada em Física nos anos anteriores. (Estagiário 07)
>
> Física, devido termos poucas aulas específicas desta disciplina. (Estagiário 08)
>
> Física, por falta de aulas desta disciplina na grade curricular do curso. (Estagiário 10)
>
> Como não tenho base em Química, precisava um estudo bem aprofundado. (Estagiário 13)
>
> Em Física, devido ao tempo ser curto pra preparar várias atividades. (Estagiário 14)
>
> Em Química. Tinha pouco tempo pra estudar. (Estagiário 16)

> Porque não tive um bom histórico de Química. (Estagiário 17)
>
> Em Física, pelo curto espaço de tempo para desenvolver todas as atividades propostas. (Estagiário 18)

Dentre as explicações para as dificuldades encontradas, foi muito comum, especialmente quanto aos componentes de Física e Química, a relação com a formação universitária, que, segundo os estagiários, não contemplou suficientes disciplinas de Física e Química. Houve também quem fez referência à complexidade dos conteúdos de Física, estruturada pela linguagem matemática, e, por isso, ao pouco tempo para estudarem e prepararem as aulas durante o Estágio Supervisionado.

A falta de correspondência entre a formação universitária e o que a prática profissional exige, evidente desde o Estágio Supervisionado, pode ser verificada no Projeto Pedagógico do Curso. Nesse projeto, constata-se que a quantidade de disciplinas voltadas para o ensino de Química e Física é realmente desproporcional, correspondendo, respectivamente, a 19,5 % e 9,5% da carga horária total do curso. Há apenas uma disciplina para dar subsídios em Matemática para o ensino de Ciências. Um problema similar, de falta de correspondência entre o Projeto Pedagógico do Curso e as exigências da prática profissional, foi constatado na pesquisa de Rosa, Weigert e Souza (2012), no âmbito de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Trata-se de uma assimetria entre formação e prática profissional que impacta não apenas no Estágio mas também nas perspectivas de atuação desses futuros professores, que terão provavelmente suas escolhas e atividades limitadas pela carência de saberes específicos de Física e Química, no entanto serão licenciados para o ensino desses componentes no Ensino Fundamental e no Ensino Médio (SAVIANI, 1996; MELLO, 2000). É mister que o professor em formação, já na parte final do seu curso, durante o Estágio Supervisionado, detenha um corpo mínimo de saberes para que consiga articular teoria e prática nas situações de ensino e para que tenha condições de promover o ensino com pesquisa e refletir criticamente sobre a sua prática (PIMENTA; LIMA, 2012). Esses saberes são indispensáveis para a constituição da identidade em formação dos futuros professores durante o Estágio Supervisionado.

> Será no confronto com as representações e as demandas sociais que a identidade construída durante o processo de formação será reconhecida, para o qual são necessários os conhecimentos, os saberes, as habilidades, as posturas e o compromisso profissional. Trata-se, pois, de nos estágios se trabalhar a identidade em formação, definida pelos saberes, e não ainda pelas atividades docentes (PIMENTA; LIMA, 2012, p. 64).

Visto que os saberes são elementos-chave para a realização do Estágio, é necessário problematizar essa formação profissional inicial de caráter multidisciplinar para o Ensino Médio a partir da análise da fragilidade do Projeto Pedagógico do Curso, que obsta a integração entre a formação dos licenciandos e a docência (CARVALHO, 2012). Esse Projeto precisa ser reformulado de forma a proporcionar uma formação em Física, em Química e em Biologia que os habilite para a prática como futuros professores de escolas do campo, sem comprometer a possibilidade da democratização da escola pública, efetivada não apenas pelo acesso a todos, mas também por um ensino de qualidade, que conduza as classes populares, incluindo a população camponesa, à apropriação dos elementos culturais produzidos e acumulados historicamente pela humanidade, dos quais os saberes específicos de Física, de Química e de Biologia fazem parte (SAVIANI, 2011). Será impossível a estes futuros professores mediarem a construção desses saberes no processo educativo se os mesmos não os adquirirem de forma crítica. Isso reforça o entendimento de que é evidente a ausência de um projeto formativo que reúna a universidade e as escolas da Educação Básica para a construção da identidade profissional dos futuros professores (GARCIA, 2015).

Ademais, o sentido da multidisciplinaridade dos cursos de Licenciatura em Educação do Campo, desde a sua criação, tem dois propósitos: (1) aumentar a oferta da Educação Básica, sobretudo no Ensino Médio e (2) promover processos formativos que promovam uma visão de totalidade dos processos sociais.

> A habilitação de docentes por área de conhecimento tem como um dos seus objetivos ampliar as possibilidades de oferta da Educação Básica no campo, especialmente no que diz respeito ao Ensino Médio, mas a intencionalidade maior é a de contribuir com a construção de processos capazes de desencadear mudanças na lógica de utilização e de produção de conhecimento no campo, desenvolvendo processos formativos que contribuam com a maior compreensão dos sujeitos do campo da totalidade dos processos sociais nos quais estão inseridos (MOLINA, 2015, p. 153).

Dessa forma, a multidisciplinaridade deveria ser um caminho para a interdisciplinaridade, esta última vista como a interação entre disciplinas, resultante da vontade e compromisso (SANTOMÉ, 1998). Esse intercâmbio e integração recíproca entre diferentes disciplinas pode permitir uma visão mais abrangente do todo e das partes, aumentando o leque de situações e de problemas a serem estudados e as possibilidades de se encontrar soluções para os mesmos. Por conseguinte, pode contribuir para o desenvolvimento do estágio na perspectiva da pesquisa, conforme o sentido dado por Pimenta e Lima (2012). No entanto, as vantagens do ensino multidisciplinar, tal como pensado para os cursos de Licenciatura em Educação do Campo, e da intencionalidade interdisciplinar, ficam enviados se não ocorre a aquisição de

conhecimentos conceituais suficientes para subsidiar interações entre disciplinas e para promover sínteses de uma forma crítica.

Quanto ao segundo eixo, sobre a situação precária das escolas, alguns sujeitos da pesquisa responderam da forma apresentada no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Dificuldades expressas por alguns estagiários relacionadas à situação precária das escolas do campo

Pergunta realizada	Quais as maiores dificuldades que teve durante o Estágio Supervisionado?
Respostas ao questionário	Ausência de materiais. (Estagiário 02)
	Desmotivação por parte de alguns alunos e falta de transporte escolar para os alunos, o que interferiu negativamente para o desenvolvimento de algumas atividades no decorrer dos estágios supervisionados. (Estagiário 09)
	A falta de laboratórios de Ciências nas escolas ou lugares para fazerem algumas aulas práticas. (Estagiário 10)
	Com deslocamento [transporte escolar dos alunos]. (Estagiário 11)
	Falta de material didático. (Estagiário 17)

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Dessa forma, segundo os estagiários, a situação precária das escolas em que estagiaram foi um desafio para o seu Estágio Supervisionado. Essa precarização se reflete na falta de materiais, ausência de laboratórios de Ciências e problemas relacionados ao transporte escolar. A precarização é algo presente não apenas nas escolas do campo, contudo nestas a situação é pior em comparação com as escolas localizadas na área urbana (OLIVEIRA; MONTENEGRO, 2010). De toda forma, esta situação precária constituiu-se em um desafio devido ao fato de interferir na prática do ensino de Ciências da Natureza.

A falta de materiais envolve tanto a falta de materais básicos, como apagador, pincel e giz, mas também aqueles recursos necessários para o desenvolvimento de estratégias de ensino específicas, como computadores, projetores, *internet* e materiais de papelaria. Algumas metodologias não convencionais requerem determinados recursos materiais. Por exemplo, na universidade os estagiários, como alunos, não tiveram dificuldades de encontrar materiais de expediente variados, acesso à *internet* e recursos como computadores e projetores para a organização e apresentação de informações. Entretanto, na escola do campo, como estagiários, eles encontram outra realidade que impede a reprodução de estratégias de ensino e metodologias que aprenderam na universidade, no que se denomina de formação ambiental (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011). É uma realidade que dificilmente tem mudado e que contraria as expectativas para o Estágio Supervisionado, que deveria ser realizado em ambientes

com uma infraestrutura adequada e melhores condições para o desenvolvimento dos futuros profissionais (BRASIL, 2008).

Nenhuma das escolas onde o Estágio foi desenvolvido possui laboratório de Ciências, um padrão nas escolas públicas da região, principalmente as escolas do campo (SILVA, 2018). Foi um problema também constatado em outros contextos de pesquisa (MARTINS, 2009; CARVALHO, 2012). Mesmo com a possibilidade de se realizar experimentos e atividades práticas com materiais de baixo custo, essa situação é vista por professores e pelos estagiários como um fator que obsta ao desenvolvimento de práticas e experimentos mais elaborados e que exigem um local adequado por envolverem o uso de fogo, eletricidade, água, etc. ou para o armazenamento de equipamentos, artefatos e modelos, como microscópios, modelos anatômicos, bancos de lentes, reagentes químicos, maquetes, herbários, terrários, etc. Sem um espaço próprio para armazenagem de materiais específicos e para a realização de atividades experimentais para o ensino de Física, de Química e de Biologia, o ensino de Ciências da Natureza fica limitado e, consequentemente, as possibilidades de aprendizagem (BORGES, 2002). Tem-se, assim, uma limitação que impossibilita o pleno desenvolvimento dos alunos e dos próprios professores (GASPAR, 2014; SILVA, 2018). Dessa forma, elementos culturais que deveriam fazer parte do processo educativo são excluídos da formação dos alunos da Educação Básica, cujo processo de humanização é mutilado (SAVIANI, 2011). Para os estagiários, oriundos de um curso universitário que funciona em regime de alternância e que explora metodologias e estratégias de ensino não convencionais, integrando teoria e prática e comunidade com a universidade, é evidente que estão sendo preparados para uma escola “que ainda não existe” (CALDART, 2011, p. 101).

Problemas com o transporte escolar também foram mencionados. As escolas do campo da região são servidas por redes de transporte coletivo, cujos veículos transportam alunos de várias comunidades para os locais específicos onde ficam as escolas. É comum os veículos chegarem atrasados ou saírem muito cedo ou ainda se ausentarem, impedindo a presença de todos os alunos e o desenvolvimento para todos das atividades de ensino planejadas (SILVA, 2018). Alguns veículos também não são adequados ou legalizados para o transporte coletivo, comprometendo a presença e a segurança de todos os alunos. Há também o caso de estradas que são muitas vezes intransitáveis, sobretudo no período das chuvas. É um problema reconhecido nas Diretrizes Curriculares Nacionais e cuja solução começa no âmbito das políticas públicas e depende também de lutas coletivas (BRASIL, 2013).

Os problemas relacionados à precarização das escolas do campo e o seu impacto para o ensino de Ciências podem ser também uma oportunidade para a inserção da pesquisa, com uma

perspectiva crítica, no Estágio Supervisionado (PIMENTA; LIMA, 2012). Dessa forma, no conjunto das atividades do estágio pode ser enriquecedor incluir a pesquisa das questões políticas, sociais e econômicas mais amplas que se relacionam à escola e ao ensino de Ciências. A problematização e reflexão coletiva da realidade precária das escolas do campo são elementos essenciais se o que se quer formar são professores pesquisadores e intelectuais críticos.

Através dessa pesquisa foi possível identificar problemas desafiadores ao exercício do Estágio Supervisionado na formação de educadores do campo no Curso de Licenciatura em Educação do Campo, na área de Ciências da Natureza, nas escolas do campo do Estado do Piauí. Também estabeleceu-se a relação entre tais problemas com o Projeto Pedagógico do Curso universitário, indicando que há fragilidades e margem para melhoramentos. Por fim, apontou-se a necessidade de lutas sociais e políticas que valorizem os espaços escolares localizados nas áreas rurais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais desafios encontrados na prática de Estágio Supervisionado foram a dificuldade dos alunos para o ensino multidisciplinar na área de Ciências da Natureza no Ensino Médio, especialmente quanto aos componentes curriculares de Física e de Química, e a situação precária das escolas do campo.

Concluiu-se que os problemas encontrados tem relação com a fragilidade do Projeto Pedagógico do Curso, que reflete uma assimetria entre a teoria e a prática, entre a formação e as exigências da profissão nas escolas do campo. Também aponta para a situação de abandono e sucateamento das escolas do campo, que dificulta no âmbito dos estágios que haja um espaço para a produção, a pesquisa e o desenvolvimento de atividades de aprendizagem coletivas e inovadoras. Para a superação da precarização das escolas do campo são necessárias políticas públicas e lutas coletivas.

Considerando que o Estágio Supervisionado está na confluência entre as escolas da Educação Básica e a universidade e entre diversos atores, como supervisores, orientadores e estagiários, há a necessidade de mais estudos, principalmente sobre a formação oferecida através dos cursos de Licenciatura em Educação do Campo, dada a sua recente criação, ao seu arcabouço ideológico, ao seu regime de alternância e a sua formação para habilitação multidisciplinar para o Ensino Médio. Esse estudo insere-se no conjunto das pesquisas sobre Estágio Supervisionado no contexto da Educação do Campo e contribui para problematizar a

formação de professores para a área de Ciências da Natureza, em Química, Física e Biologia, no Ensino Fundamental e Médio nas escolas do campo.

REFERÊNCIAS

ASSAI, N. D. S.; BROIETTI, F. C. D.; ARRUDA, S. M. O Estágio Supervisionado na formação inicial de professores: estado da arte das pesquisas nacionais da área de ensino de ciências. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 34, e203517, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-46982018000100189&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 16 mai. 2019.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607. Acesso em: 16 mai. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Grupo Permanente de Trabalho de Educação do Campo. **Referências para uma política nacional de Educação do Campo**. Caderno de Subsídios, Brasília, 2003. *E-book*. Disponível em: http://www.gepec.ufscar.br/publicacoes/educacao-no-campo/referencias-para-uma-politica-nacional-de-educacao.pdf/at_download/file. Acesso em: 16 mai. 2019.

_____. Ministério da Educação. **Lei n. 11.788, de 25 de setembro de 2008**. Dispõe sobre o estágio de estudantes. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11788.htm. Acesso em: 15 mai. 2019.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 16 mai. 2019.

_____. Ministério da Educação. **Resolução nº 2 de 1º de julho de 2015**. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2017-pdf/70431-res-cne-cp-002-03072015-pdf/file. Acesso em: 15 mai. 2019.

CALDART, R. S. A escola do campo em movimento. In: ARROYO, M. G.; CALDART, R. S.; MOLINA, M. C. (Org.). **Por uma educação do campo**. 5. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011. p. 87-132.

_____. Educação do campo. In: CALDART, R. S. *et al.* (Org.). **Dicionário da Educação do Campo.** 2. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Expressão Popular, 2012. p. 257-265.

CARVALHO, A. M. P. **Os estágios nos cursos de licenciatura**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. (Coleção ideias em ação).

_____.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**: tendências e inovações. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011. (Coleção Questões da Nossa Época, 28).

GARCIA, M. M. A. Políticas curriculares e profissionalização: saberes da prática na formação inicial de professores. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 32, n. 2, p. 131-155, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-46982016000200131&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 16 mai. 2019.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física**: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2014.

GIROUX, H. **Os professores como intelectuais**: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem. Tradução de Daniel Bueno. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

GUERTA, R. S.; CAMARGO, C. C. Comunidade de aprendizagem da docência em estágio curricular obrigatório: aprendizagens evidenciadas pelos licenciandos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 3, p. 605-621, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n3/1516-7313-ciedu-21-03-0605.pdf. Acesso em: 16 mai. 2019.

HALMENSCHLAGER, K. R. *et al*. Articulações entre educação do campo e ensino de ciências e matemática presentes na literatura: um panorama inicial. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 19, e2800, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172017000100227&lng=pt&nrm=iso. Acessos em: 03 jun. 2019.

LÜDKE, M. ANDRE, M. E.D.A. **A Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, A. F. P. Estágio supervisionado em física: o pulso ainda pulsa... **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, 3402, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172009000300006&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 16 mai. 2019.

MARTINS, R. R. A importância do Estágio Supervisionado na concepção dos estudantes de ciências biológicas: um estudo com alunos de uma universidade pública de Minas Gerais. **Educere et Educare**, Cascavel, v. 11, n. 21, p. 177 – 186, 2016. Disponível em: http://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/10667. Acesso em: 16 mai. 2019.

MELLO, G. N. Formação inicial de professores para a Educação Básica: uma (re)visão radical. **Revista Ibero-Americana de Educação**, n. 25, 2001. Disponível em: https://rieoei.org/RIE/article/view/991. Acesso em: 16 mai. 2019.

MILANESI, I. Estágio supervisionado: concepções e práticas em ambientes escolares. **Educar em Revista**, Curitiba, Brasil, n. 46, p. 209-227, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/er/n46/n46a15.pdf. Acesso em: 16 mai. 2019.

MOLINA, M. C.; JESUS, S. M. S. A. (Org.). **Contribuições para a construção de um projeto de Educação do Campo**. Brasília, DF: Articulação Nacional Por Uma Educação do Campo, 2004. (Coleção Por Uma Educação do Campo, 5).

MOLINA, M. C. Expansão das licenciaturas em Educação do Campo: desafios e potencialidades. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 55, p. 145-166, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/er/n55/0101-4358-er-55-00145.pdf. Acesso em: 16 mai. 2019.

OLIVEIRA, L. L. N. A.; MONTENEGRO, J. L. A. Panorama da educação do campo. In: MUNARIM, A. *et al.* (Org.). **Educação do campo**: reflexões e perspectivas. Florianópolis: Insular, 2010. p. 47-80.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. **Estágio e docência**. São Paulo: Cortez, 2012.

ROSA, J. K. L.; WEIGERT, C.; SOUZA, A. C. G. A. Formação docente: reflexões sobre o estágio curricular. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 3, p. 675-688, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132012000300012&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 16 mai. 2019.

RIBEIRO, M. **Movimento camponês, trabalho e educação**: liberdade, autonomia, emancipação: princípios/fins da formação humana. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2013.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade**: o currículo integrado. Tradução de Cláudia Schilling. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14, n. 40, p. 143-155, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v14n40/v14n40a12.pdf. Acesso em: 16 mai. 2019.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

SILVA, A. L. S. **Necessidades formativas de professores de ciências de escolas do campo: um estudo no semiárido piauiense**. 2018. 355f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UFU, Uberlândia, Minas Gerais, 2018.

SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 79-91.

STENHOUSE, L. **Investigación y desarrollo del curriculum**. 3. ed. Versión española de Alfredo Guera Miralles. España: Ediciones Morata, 1991.

DESIGN THINKING APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM BORRACHA RECICLADA

Pablo Marcel de Arruda Torres [1]

RESUMO

O *Design Thinking* é um modelo de pensamento que busca soluções inovadoras e significativas, com uma abordagem direcionada ao ser humano. O pensamento de Design auxilia na organização do processo de desenvolvimento de soluções a partir dos espaços de inspiração, que motiva a busca por soluções; a idealização, onde se cria e se testa ideias; e a implementação, que dá vida à solução. O objetivo do presente trabalho é apresentar uma experiência de ensino, que utilizou o processo de *Design Thinking* como base para o desenvolvimento de produtos feitos a partir de painéis de borracha reciclada do processo de produção de sandálias de dedo. O método base para o projeto foi o Duplo Diamante, que destaca a importância dos pensamentos divergente e convergente no processo de Design. Assim, a disciplina foi dividida em quatro etapas: Pesquisa & Definição, Ideação & Prototipagem, Teste & Feedback e Apresentação final, cada uma com suas tarefas e ferramentas a serem utilizadas. Para finalizar, são descritos como resultados dois produtos muito diferentes entre si, uma bolsa para guardar e transportar *gadgets* eletrônicos e um brinquedo para diminuição da ansiedade, que chegaram ao nível de implementação (foram de fato manufaturados), o que demonstra as várias possibilidades que o método utilizado pode gerar no ensino da criatividade, do *Design Thinking* e na busca por soluções inovadoras.

Palavras-chave: *Design Thinking*, Criatividade, Design de Produto, Ensino de Projeto, Borracha Reciclada.

INTRODUÇÃO

A humanidade sempre esteve rodeada por artefatos físicos, desde os primórdios. No mundo pré-histórico, o homem demonstrou sua racionalidade ao começar a transformar o seu entorno, inicialmente adaptando pedras para que se tornassem ferramentas capazes de facilitar o seu trabalho com o corte de carnes e peles de animais. Na mesma época, a descoberta do fogo e da agricultura e pecuária rudimentares tornaram possível a subsistência alimentar das pessoas.

Desde então, o ser humano desenvolveu cada vez mais sua capacidade de raciocínio e inteligência, permitindo mais sofisticação em sua atuação. Quando o homem aprende a manipular materiais mais específicos, como couro, madeira, metal, barro, tecidos, surge o trabalho artesanal, cujos saberes eram transmitidos de pai pra filho. Surge a moda (com técnicas

[1] Doutor pela Università degli Studi della Campania (Itália) e professor do Curso de Design da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, pablo.marcel@ufcg.edu.br;

de construção de roupas), a arquitetura (com a construção de edifícios e casas), o dinheiro e como consequência também o comércio.

Entre o final do século XVIII e início do século XX, a descoberta do carvão e o desenvolvimento de máquinas a vapor, e a invenção da energia elétrica transformam o mundo e fazem surgir a indústria. A mecanização do trabalho resulta no aumento constante da produtividade, reduzindo os custos em função da rapidez de produção e da diminuição da mão-de-obra (CARDOSO, 2008). As pessoas deixam a zona rural e passam a viver nas grandes cidades, que concentravam as indústrias e as oportunidades de trabalho, resultando em uma classe consumidora numerosa, exigente e com poder de compra. Ainda nessa época, surge o Design Industrial, cujo objetivo primordial era planejar os produtos que iriam para a produção e posteriormente para o mercado.

No período pós-guerra, com a comoditização da tecnologia produtiva e a saturação do mercado, as empresas sentem necessidade de se diferenciar. Surge nessa época o marketing, com os estudos de mercado, e a necessidade de inovação para que as empresas pudessem competir (DE MORAES, 1999). Nos anos 80, a revolução tecnológica surge com o advento dos computadores. Era necessário desde então projetar não somente os artefatos físicos (*hardware*), mas também projetar os artefatos virtuais (*softwares*). Esse movimento digital foi potencializado e se expandiu grandemente com o advento da Internet; surgem as redes sociais e a música e a telefonia são digitalizados.

Os avanços possibilitados pela tecnologia por um lado trouxeram a evolução para organizações e pessoas, mas por outro lado também trouxeram fechamentos de organizações que não conseguiram evoluir e se adaptar a esse novo cenário (CASTELLS, 1998, p. 4). Assim, as organizações buscam alternativas para sobreviver a este cenário e serem competitivas, o que alavancou a importância do tema inovação nas organizações. As empresas atualmente têm que envolver colaboradores, clientes, usuários, novas características do mercado, avanços das tecnologias de informação e comunicação e a eliminação de fronteiras comerciais, sociais e culturais. Desta forma, inovação se tornou vital para as empresas.

Segundo Brown (2010), a inovação pode ser vista como um sistema de espaços que se sobrepõem, a saber: a inspiração, que motiva a busca por soluções; a idealização, a criação e teste de ideias; e a implementação, que dá vida à solução. O *Design Thinking* organiza o processo de desenvolvimento de soluções a partir destes espaços. Basicamente, o *Design Thinking* é uma ferramenta de inovação que se vale de técnicas que os designers usam para resolver problemas antigos de uma forma inovadora (NITZCHE, 2012).

Trata-se da popularização do pensamento de Design, que antes de tudo é um pensamento de projeto. O Design visa identificar problemas de diferentes ordens e resolvê-los, seja na sua execução, seja nas estratégias e processos adotados em um projeto (RUSCHEL, 2019). Não importa se o que se projeta são produtos, serviços, interfaces, interiores ou edifícios; o processo de se criar a inovação é o que interessa. Este processo deve ser visualizado em três perspectivas: praticabilidade, o que é funcionalmente e tecnicamente possível; viabilidade, o que poderá gerar valor e sustentar o aspecto de negócio da inovação; e desejabilidade, que é aquilo que faz sentido e atrai as pessoas (BROWN, 2010, p. 18).

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma experiência de ensino, que utilizou o processo de *Design Thinking* como base para o desenvolvimento de produtos feitos a partir de painéis de borracha reciclada expandida.

METODOLOGIA

A experiência de ensino descrita neste artigo foi desenvolvida junto a alunos do Curso de Design da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na disciplina Projeto 3, nos períodos 2017.1 e 2017.2. A disciplina se caracteriza por ser um projeto de produto desenvolvido ao longo de um semestre, normalmente tratando-se da primeira experiência dos alunos do 3º período do curso com Metodologias de Projeto.

Assim como todas as disciplinas de projeto do Curso de Design, o trabalho começa sempre com a definição de um *briefing* de projeto. Segundo PAZMINO (2015, p. 22), o processo de Design tem como início um problema ou necessidade, que devem ser descritas no *briefing*, elaborado como uma atividade prévia ao projeto e descrevendo informações iniciais importantes, elaborado de forma colaborativa entre o cliente e a equipe de projeto. O desafio de Design proposto para os referidos períodos foi desenvolver produtos a partir de painéis de borracha reciclada.

Para a disciplina, uma parceria foi feita com uma empresa da cidade de Campina Grande, que desenvolveu um produto inovador. Percebendo a grande quantidade de resíduos gerado pelas indústrias calçadistas da cidade, sobretudo as fabricantes de grande porte de sandálias de borracha, bem como o problema que se tornara de destinar esses resíduos para o descarte, um empresário campinense desenvolveu uma técnica que transforma esses resíduos em placas de borracha. Os resíduos são triturados, misturados e prensados, dando origem a

painéis que reaproveitam a borracha das sandálias, posteriormente transformados em tapetes ou pisos emborrachados, antiderrapantes e isolantes.

As placas resultantes possuem normalmente 5mm de espessura e são disponibilizadas em rolos de 1x10m. Há uma diversidade de combinação de cores, compondo texturas diferenciadas e que mantêm as propriedades da borracha de sandálias (Figura 1). Os painéis de borracha suportam variações de impactos e temperaturas, não sofrem deformação, são antiderrapantes, sendo indicados para áreas internas e externas com grande fluxo de movimentação e impacto (RUBBERFLOOR, 2016). Assim, o objetivo principal do projeto era transformar o uso desse material, de tapetes e pisos para produtos que pudessem ser utilizados no cotidiano das pessoas, gerando valor e criando novas possibilidades para o material.

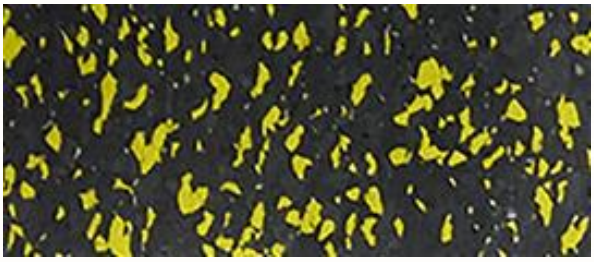


Figura 1 – Painel de borracha reciclada expandida

A metodologia adotada no projeto foi a do *Double Diamond* (Duplo Diamante), proposta pelo DESIGN COUNCIL (2015). O Duplo Diamante (Figura 2) é um mapa visual simples do processo de Design, partindo do princípio de que nos processos criativos, várias ideias possíveis são criadas - pensamento divergente - antes de serem refinadas e reduzidas à melhor escolha - pensamento convergente (Figura 3). O Duplo Diamante indica que isso acontece duas vezes - uma vez para confirmar a definição do problema e uma vez para criar a solução. Para descobrir quais ideias são melhores, o processo criativo é iterativo, o que significa que as ideias são desenvolvidas, testadas e refinadas várias vezes; este ciclo de prototipagem, teste e melhoria é uma parte essencial do bom design.

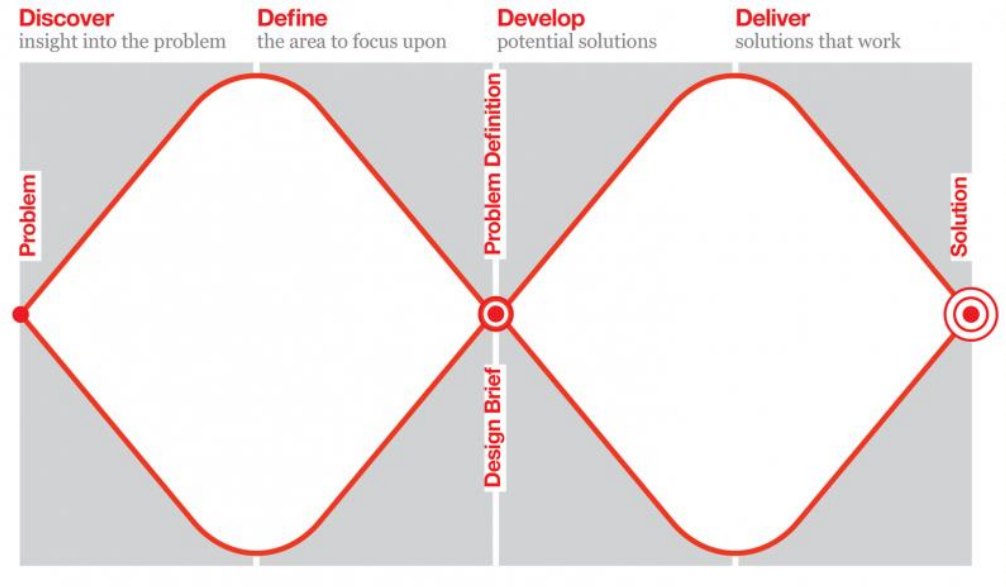


Figura 2 – Processo do Duplo Diamante (*Double Diamond*)

(Fonte: DESIGN COUNCIL, 2015)



Figura 3 – Pensamento divergente e convergente no processo de Design

Adaptando o método do Duplo Diamante à realidade de alunos de 3º período, que estão iniciando a aprender do que se trata Metodologia de Projeto, foi definido que o projeto seria distribuído em quatro etapas, a saber (Figura 4):

- Pesquisa & Definição - Entender as pessoas, o contexto e o mercado, de modo a obter a maior quantidade possível de informação sobre o desafio proposto. Significa ir a campo para conversar com pessoas, escutá-las e observá-las, buscando compreender como, onde e porque vivenciam determinado problema ou possuem determinada necessidade, olhando para todos os aspectos (físico, cultural, sociológico e psicológico) e também sob diferentes perspectivas (ver, sentir e ouvir as pessoas). O objetivo é

explorar a complexidade gerada, resultando em um novo entendimento sobre a problemática do projeto;

- Ideação & Prototipagem - Construir soluções para os problemas e dados encontrados na fase anterior. Com uma nova perspectiva sobre o problema, é possível explorar novos caminhos criativos para resolvê-lo. Deixar as ideias fluírem e sem julgamentos é fundamental. Nessa fase, protótipos são uma forma poderosa de comunicação que nos forçam a pensar sobre a maneira como as pessoas irão interagir com o conceito projetado. Todo protótipo deve ser capaz de gerar sensações e reações em alguém antes mesmo da solução final existir;

- Teste & Feedback - Hora de voltar a campo para testar os protótipos e obter as reações das pessoas. Uma vez interagindo com os protótipos, surgirão pontos positivos, negativos, dúvidas e até mesmo novas oportunidades ou possibilidades de novos usos. Com os *feedbacks* obtidos com os testes, tem-se a oportunidade de refinar as soluções e torná-las melhores, levando-as a um nível superior. O que foi identificado nos testes será fundamental para entender o que precisa ser melhorado na solução;

- Apresentação Final - Momento de dar show e vender o processo de desenvolvimento e o seu resultado final. Deve-se descrever os elementos fundamentais ao projeto: quem são os usuários da solução, quais os problemas enfrentados por essas pessoas e qual a proposta para resolver esses problemas. É fundamental descrever como foi o processo para se chegar à solução proposta, como a solução resolve o problema das pessoas, e como ela pode ser vendida e gerar interesse do mercado. Para isso, preparação, cuidado com o tempo limite, contato visual e tom de voz são formas de criar um clima favorável e envolver aqueles que estão assistindo a apresentação.

Assim, tendo definido o método baseado no Duplo Diamante como as etapas a serem seguidas pelo projeto, definiu-se quais os métodos de Design seriam utilizados em cada etapa a fim de organizar o trabalho e as tarefas a serem executadas durante o período letivo. De acordo com Pazmino (2015, p. 11), métodos de Design são procedimentos passíveis de serem ensinados, repetidos, comunicados e auxiliam os designers no desenvolvimento do projeto. Assim, os métodos de Design devem ser entendidos como todos os procedimentos, técnicas ou

ferramentas para projetar, representando as diversas ações que o designer utiliza e combina ao longo do processo. Desta maneira, os métodos de Design foram assim distribuídos (Figura 4):

Pesquisa & Definição:

1. Análise técnica e testes de propriedade do material;
2. Delimitação do público-alvo: Formulação de questionário e realização de entrevistas;
3. Construção das *Personas* de projeto
    - De acordo com PAZMINO (2015, p. 110), *Persona* é uma ferramenta que busca descrever de forma eficiente o público-alvo por meio de personagens imaginários, construídos a partir de dados de pesquisas com pessoas reais. Ou seja, os usuários criados são fictícios, mas representam características de pessoas reais. As personas podem ajudar a equipe de projeto a ter melhor conhecimento sobre o público-alvo e melhorar a tomada de decisões ao longo do projeto;
4. Análises para conhecer clientes, mercado e possíveis soluções. Estas atividades analíticas foram assim distribuídas:
    - Análise Comparativa - serve para comparar produtos em desenvolvimento com produtos existentes ou concorrentes, permitindo ao projetista conhecer os pontos fortes e fracos de produtos e agir para melhorá-los, modificá-los ou até mantê-los (PAZMINO, 2015, p. 60);
    - Análise de Relações - estuda todas as possíveis relações que o usuário pode ter com o produto, analisando todas as relações contextuais no ambiente onde o produto pode ser utilizado. A partir dessa análise, o designer pode visualizar as situações de uso e pensar em alternativas que atendam a necessidades que talvez passem despercebidas em outras pesquisas (*ibidem*, p. 116);
    - Análise Estrutural - serve para reconhecer os elementos construtivos e compreender as relações entre componentes, sistemas, conexões e carcaça de um produto. “É preciso que a análise estrutural envolva a compreensão do que é cada elemento e o entendimento da necessidade de cada componente” (*ibidem*, p. 136);
    - Análise das Necessidades do Usuário p. 96 – busca entender as necessidades do consumidor por meio de observação *in loco*, questionário ou entrevista, que podem avaliar as percepções do consumidor diante de produtos concorrentes ou similares (*ibidem*, p. 96).

5. Desenvolvimento de Mapas Mentais do público-alvo, dos objetos que rodeiam e são consumidos pelas pessoas, da relação usuário-objeto.
    - De acordo com PAZMINO (2015, p. 188), um Mapa Mental trata de organizar ideias a partir de um conceito central, onde se irradiam palavras-chave, imagens, símbolos ou figuras. Este método possibilita a visualização dos vários elementos que compõem o todo, ressaltando suas relações e ramificações de maneira visual. Deve-se considerar a ideia central e completá-la com uma sequência de ramos curvos, desdobrando em novas ideias, levando a uma melhor visão do problema a ser resolvido.

Ideação & Prototipagem:

1. Aquecimento (criar novas funções para produtos do cotidiano; atividade feita em grupo);
2. Geração de 30 ideias através do método do *Brainstorming*;
3. Utilização do método MESCRAI com o intuito de expandir os conceitos gerados;
    - De acordo com PAZMINO (2015, p. 250), no MESCRAI o objetivo é criar soluções baseadas em uma lista de verificação com o intuito de melhorar ou retrabalhar a solução a partir do acrônimo das noves palavras: *Modifique, Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte* e *Inverta*. O intuito é a expansão dos horizontes de ideias anteriormente obtidas, ou seja, quando a ideia é totalmente consciente e precisa ser verificada, de modo a diminuir custos, tamanho, elementos formais, reposicionamento de componentes, etc.;
4. Seleção das ideias através de uma matriz (comum-original/ inviável-viável);
5. Desenhos falados das ideias selecionadas;
6. Construção de modelos tridimensionais das ideias mais promissoras.

Teste & Feedback:

1. Teste dos modelos com 10 consumidores potenciais;
2. Seleção da melhor ideia final;
3. Refinamento da ideia mais bem aceita baseado no *feedback* (informações que retornam) dos consumidores.

Apresentação final:

1. Elaboração do roteiro da apresentação e dos slides para apoio do que será falado;

2. Delimitação do tempo de apresentação e ensaios;
3. Construção dos protótipos finais dos produtos;
4. Apresentação final, entrega dos protótipos e reflexão sobre os resultados.

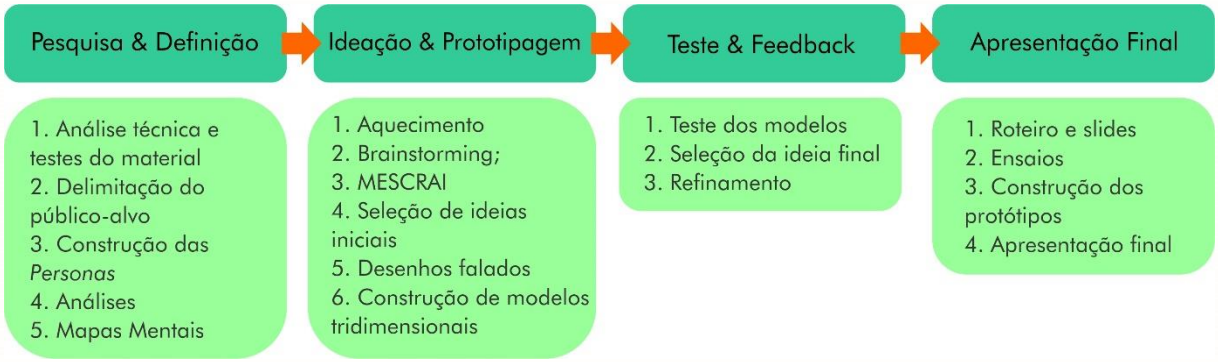


Figura 4 – O processo de Design adotado na disciplina Projeto 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a compreensão do método de projeto, os alunos se dividiram em grupos e cada um desenvolveu o seu projeto. Isso significa que os 15 grupos de trabalho nos dois semestres letivos da disciplina geraram 15 objetos distintos, com resultados totalmente diferentes entre eles, apesar do processo semelhante de projeto. No presente trabalho são descritos os resultados de dois dos melhores projetos desenvolvidos na disciplina ao longo de um ano de aplicação da metodologia de projeto e da mesma temática.

A primeira tarefa dos alunos foi testar o material e elaborar um relatório técnico, destacando suas propriedades e características. Os alunos cortaram, rasgaram, furaram, dobraram e até queimaram o material, de modo que as propriedades positivas do material pudessem servir de base para criação de opções de aplicação e complementar o *briefing* determinado.

A seguir, os alunos definiram um perfil de usuário padrão do *briefing* como base para a aplicação dos questionários e desenvolvimento da pesquisa. O primeiro grupo consultou ao todo 30 pessoas (entre UFCG e residências dos participantes), sendo 15 do sexo masculino e outras 15 do feminino, com idade entre 18 e 25 anos, e gostos/ hábitos comportamentais similares no que tange à moda, música, ambientes frequentados, estilo de vida, hábitos e necessidades. São universitários, com estilos de vida alternativos *rock*, *hipster* e *casual*. Essas informações serviram de base para a construção da *Persona* (Figura 5).

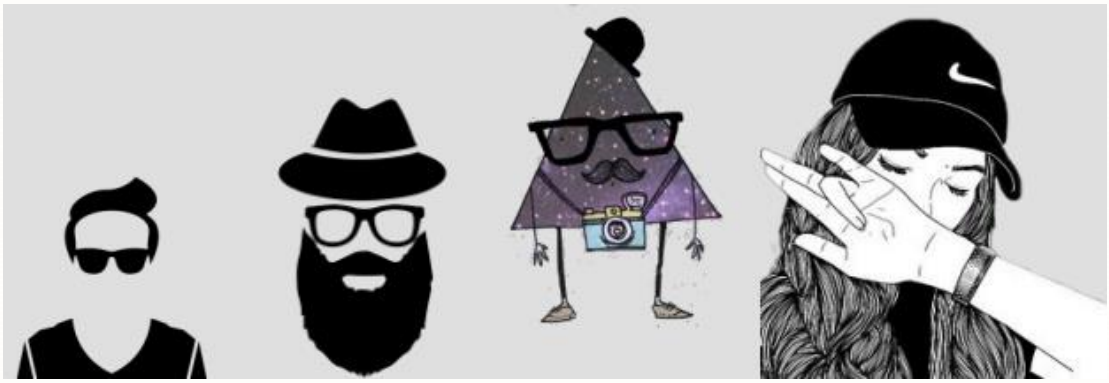


Figura 5 – Painel de imagens que representam a *Persona* do grupo 01

Após a fase de análise, o grupo 01 desenvolveu seu trabalho a partir da necessidade desse jovem usuário de transporte e armazenamento de *gadgets* do cotidiano desses jovens usuários. O objeto deveria ter formas geométricas, mas com estilo, deveria se acoplar a motos e bicicletas, ter alças que permitissem transportá-lo facilmente e possuir apelo estético-funcional. Três propostas de solução foram testadas e, de acordo com a taxa de aprovação nos testes com protótipos, a bolsa impermeável acoplável à moto/bike foi escolhida para refinamento e prototipagem. As modificações realizadas resultaram na Rubber Bag (Figura 6), uma bolsa feita de borracha reciclada, prática, unissex, jovem, contemporânea, multiuso e multifuncional (mochila, tira-colo, case acoplável e maleta), solução que no fim foi adaptada às necessidades do perfil dos usuários (Figuras 7 e 8).



Figura 6 – Rubber Bag, produto final desenvolvido pelo grupo 01



Figura 7 – Rubber Bag em uso



Figura 8 – Rubber Bag em uso

O grupo 02 optou por trabalhar com o mesmo grupo de pessoas do grupo 01, mas acabaram identificando na pesquisa um perfil diferente de problema a ser trabalhado: universitários que sofrem de ansiedade, problema comum encontrado nos jovens de hoje (Figura 9). As análises indicaram que era difícil encontrar produtos para um público com esse perfil, tanto em lojas físicas quanto *online.* O desafio deles foi desenvolver um produto fácil de transportar, que divertisse o usuário e pudesse ajudá-lo em crises de ansiedade.



Figura 9 – Painel de imagens que representam a *Persona* do grupo 02

A partir das informações obtidas nas análises e da definição de um perfil de produto a ser desenvolvido, o grupo partiu para o processo de criação de soluções (Ideação & Prototipagem). Como descrito anteriormente, o processo criativo gerou ideias, que posteriormente foram selecionadas e geraram desenhos de melhor qualidade e protótipos de como o produto poderia ser. Com esses elementos em mãos, o grupo foi aos usuários pesquisar a opinião deles sobre as ideias geradas, escolher a mais promissora e realizar o refinamento da ideia final selecionada para construção do protótipo (Figura 10). Para essa etapa de testes, o grupo 02 elaborou também uma entrevista estruturada, que acabou funcionando como guia para conversa que os designers tiveram com os possíveis usuários do produto.



Figura 10 – Teste com protótipos realizado pelo grupo 02

Alguns problemas identificados no teste tiveram a ver com a forma do produto, que deveria ser mais orgânico e melhorar a passagem dos dedos, bem como os usuários indicaram o uso de um elástico mais resistente, que ao ser puxado deformasse menos do que aquele utilizado no protótipo. O resultado foi um desenho curvo, orgânico, porém simétrico, que destacou o contraste de cores que compõem a textura do brinquedo. Entre as camadas de borracha, passa um elástico, que pode ser esticado, puxado, rotaciona todo o produto, e essa interação divertida entre usuário e produto auxilia na diminuição do estresse e da ansiedade (Figura 11).

O produto final apresentou maior aceitação das pessoas pesquisadas com relação a uma interação divertida, sendo mais interessante na redução de estresse e ansiedade em relação às outras alternativas criadas. O elástico utilizado era mais resistente, como solicitado no feedback, a forma e o tamanho do produto foram adaptados para se adequar melhor à mão dos possíveis usuários, e o produto foi possível de realizar com a chapa de borracha reciclada, definida no briefing do projeto.

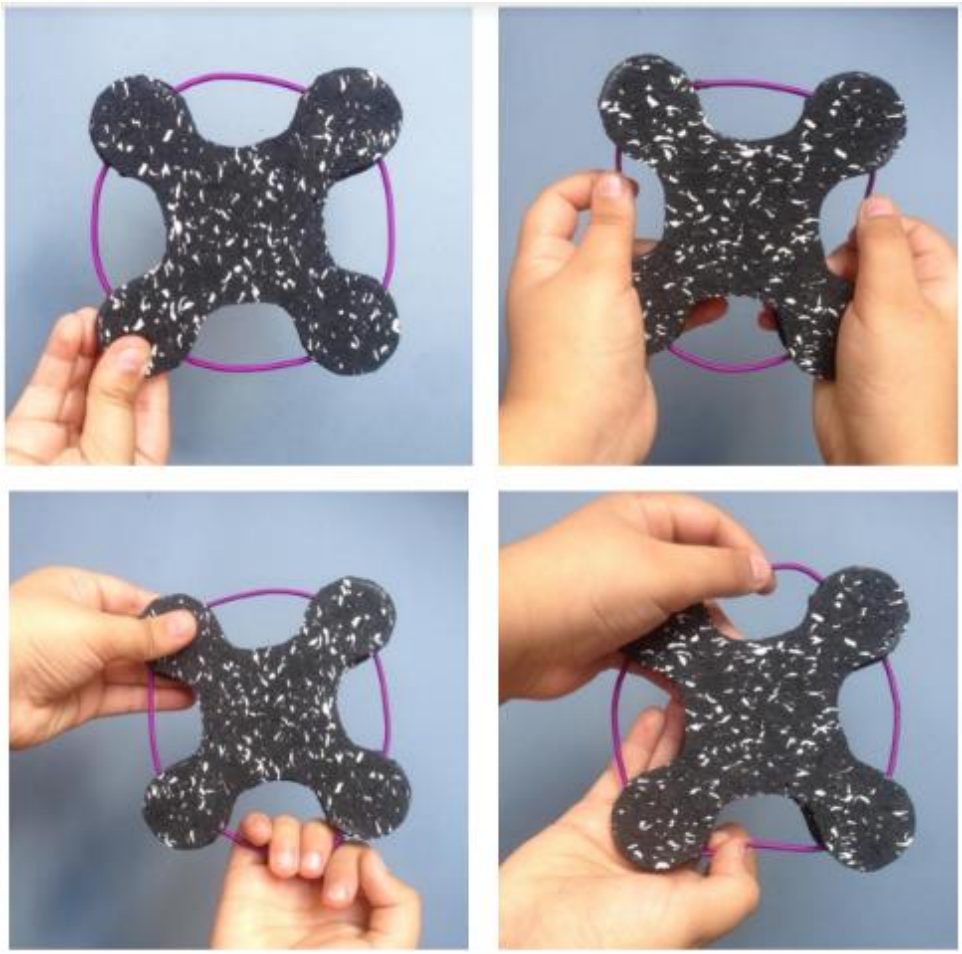


Figura 11 – Produto final desenvolvido pelo grupo 02, um brinquedo anti-estresse

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho descreveu o processo de ensino de Projeto de Produto baseado na metodologia do *Design Thinking*. O princípio do Duplo Diamante inspirou a elaboração da Metodologia do Projeto e facilitou a visualização das etapas que o projeto deveria seguir desde o início para os alunos. Esse fator é muito importante pois torna transparentes as atividades desenvolvidas e a desenvolver ao longo do tempo, facilitando a gestão do processo de projeto. É interessante observar que o *Design Thinking* é flexível e é comum que o planejamento do processo varie de projeto para projeto. É possível que a utilização de outras ferramentas, ainda que aplicando o mesmo processo, pudesse gerar outros tipos de resultado.

Essa flexibilidade e a sua capacidade de influenciar o processo também tornam possível uma outra característica comum aos projetos de Design de Produto: o caráter único dos seus resultados. Ou seja, mesmo utilizando o mesmo processo e as mesmas ferramentas, cada grupo

deu um toque pessoal aos seus projetos e fez com que cada projeto fosse único. Como no *briefing* não houve especificação de qual tipo de objeto eles deveriam projetar, cada grupo teve que pesquisar e definir seu próprio tema de projeto. O resultado foi uma variedade enorme de objetos prototipados, onde nenhum deles se repetiu com os 15 grupos trabalhados na disciplina. Exemplos dessa variedade foram descritos neste trabalho: o grupo 01 desenvolveu uma bolsa para transporte de *gadgets* e o grupo 02 projetou um brinquedo para diminuição da ansiedade.

O presente trabalho demonstra as várias possibilidades que o método utilizado pode gerar no ensino da criatividade, *Design Thinking* e na busca por soluções inovadoras. Além disso, pode ser facilmente replicado, gerando novas experiências de projeto e resultando em novos objetos projetados.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos alunos da disciplina Projeto 3, períodos 2017.1 e 2017.2, do Curso de Design da Universidade Federal de Campina Grande, que desenvolveram os projetos apresentados e que inspiraram a elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BROWN, T. **Design Thinking**: Uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CARDOSO, R. **Uma Introdução à História do Design**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2008.

CASTELLS, M. Conferencia de UNRISD. UNRISD News. **Informational Capitalism and Social Exclusion**, n. 19, 1998. p. 4-6.

DE MORAES, D. **Limites do Design**. São Paulo: Nobel, 1999.

DESIGN COUNCIL. **The Design Process**: What is the Double Diamond?. 2015. Disponível em:<https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-double-diamond>. Acesso em: 11 maio 2019.

NITZSCHE, R. **Afinal o que é design thinking?**. São Paulo: Rosari, 2012.

PAZMINO, A. V. **Como se cria**: 40 métodos para design de produtos. São Paulo: Blucher, 2015.

RUBBERFLOOR. **Rubberfloor** - Pisos de Borracha. 2016. Disponível em:<http://www.rubberfloor.com.br/site/produtos>. Acesso em: 09 jun 2019.

RUSCHEL, B. **Guia Prático do Design Thinking**: Aprenda 50 ferramentas para criar produtos e serviços inovadores. 2019. Ebook Kindle.

Educação de surdos: o ensino de ciências e biologia para a comunidade surda contemplado nos anais do Congresso Nacional de Educação (CONEDU)

Crislaine Maria da Silva[1]
Anderson Thiago Monteiro da Silva[2]
Jefferson Matheus Alves do Amaral[3]
Rafaela Alcântara Barros de Oliveira[4]

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar abordagens acerca do Ensino de Ciências e Biologia para surdos em trabalhos publicados nos anais do Congresso Nacional de Educação (CONEDU). Desta forma, foram realizadas buscas com os termos "LIBRAS" e "surdo" a fim de verificar os trabalhos que se relacionavam com a educação de surdos, dos quais foram selecionados os que apresentam relação com a área das Ciências Biológicas. Para análise dos trabalhos foi utilizado o método de Análise de Conteúdo, na qual foram definidas categorias temáticas a posteriori. Os anais das edições do CONEDU apresentam 180 trabalhos que contemplam a educação para surdos, destes 9 estão relacionados com a área de ciências e biologia. A maioria dos trabalhos relacionados às ciências biológicas contemplam aspectos sobre o uso de recursos didáticos, compondo a categoria temática mais representativa. Entretanto, outros aspectos foram abordados, a exemplo da atuação de professores intérpretes em aulas de ciências, assim como aspectos sociais atrelados ao ensino de ciências para surdos. Assim, o ensino de ciências e biologia para surdos representado nos trabalhos analisados apontam para a relevante importância dos recursos didáticos, sobretudo os visuais. Contudo, ainda são necessários outros trabalhos que tencionem verificar diversos aspectos sobre a educação de surdos do ponto de vista das ciências biológicas, para que os estudantes surdos tenham formação básica satisfatória.

Palavras-chave: Educação de Surdos; Ensino de Biologia; CONEDU.

INTRODUÇÃO

A educação para todos foi estipulada no Estado brasileiro pela publicação da Constituição da República Federativa do Brasil em 1988. A qual em seu artigo 205 determina

[1] Mestranda em Ensino das Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, crismariasilvacg@gmail.com;
[2] Graduado pelo Curso de Lic. em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/CAV, andersonthiago72@gmail.com;
[3] Graduando do Curso de Lic. em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/CAV, jefferson_matheus12345@hotmail.com;
[4] Especialista em Libras e Educação Inclusiva da Pessoa Surda, Faculdade de Ciências Humanas de Olinda - FACHO, Técnica em tradução e interpretação de LIBRAS e Língua Portuguesa, Professora substituta da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/CAV, Graduanda do Curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, alcantara.rafaela14@gmail.com;

que é responsabilidade da família e dever do estado assegurar o acesso à educação (BRASIL, 2019). Nesta perspectiva, pessoas com deficiência dispõem do mesmo direito à educação, tal qual os demais indivíduos intitulados socialmente como "normais". Sendo este acesso assegurado não apenas na permanência física dos educandos, mas na concepção do desenvolvimento do sujeito enquanto estudante (BRASIL, 2001).

As instituições de ensino regular devem efetuar a matrícula independentemente da ocorrência de deficiência pelo estudante. Assim, tanto instituições de nível básico, quanto superior devem atender equitativamente as pessoas com deficiência (BRASIL, 2013). Na história brasileira de educação para o público mencionado anteriormente, os serviços educacionais por muitos anos foram inexistentes, ou prestados de forma ineficiente (MIRANDA, 2003). Este fato pode ser evidenciado verificando-se as condições de ensino proporcionada à comunidade surda ao longo do tempo (MELRON; CÉSAR, 2014).

Em sala de aula a comunicação do estudante surdo ocorre normalmente por meio da utilização da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), e/ou mediada por intérpretes (GOMES; BASSO, 2014). Entretanto, a maioria dos ouvintes não compreendem LIBRAS, e, pelo fato do português ser a segunda língua dos surdos, a falta de comunicação interfere na aprendizagem, tornando-a complexa (SILVA, 2015). De forma ampla, nas diversas áreas do conhecimento, o ensino para a comunidade surda é desafiador em diferentes aspectos (OLIVEIRA, 2012). Sobretudo na perspectiva do ensino de Ciências e Biologia, área que apresenta diversos conceitos com elevado nível de abstração (TAVARES; ANIC, 2018).

É essencial discutir as condições de ensino e aprendizagem da comunidade surda, visto que todos os indivíduos apresentam papel importante na sociedade. Sobretudo em relação as ciências biológicas que compreende uma importante área do conhecimento cujos conteúdos influenciam diretamente na formação cidadã dos indivíduos. Desta forma este trabalho tem como objetivo analisar abordagens acerca do Ensino de Ciências e Biologia para surdos disponíveis em trabalhos publicados nos anais do Congresso Nacional de Educação (CONEDU).

Deficiência auditiva e surdez

Biologicamente a deficiência auditiva representa perda da capacidade parcial na percepção de sons (BRASIL, 2006). Na perspectiva clínica, os indivíduos com deficiência auditiva podem ser parcialmente surdos de forma leve: perda auditiva de até 40 decibéis, com implicações na compreensão de fonemas, na leitura textual, ou escrita (SIQUEIRA; SILVA,

2013); parcialmente surdo de forma moderada: perda auditiva entre 41 até 70 decibéis, necessitando de voz com maior intensidade para ser compreendida pelo indivíduo, frequentemente nesses casos ocorre atraso de linguagem (BRASIL, 2006).

No caso da pessoa diagnosticada surda, há dois casos: surdez severa com perda auditiva entre 71 a 90 decibéis, neste caso o indivíduo apenas percebe voz forte e ruídos conhecidos; no segundo caso a surdez é considerada profunda na qual a perda auditiva excede 90 decibéis. Desta forma, pessoas com surdez severa não são capazes de perceber a voz humana e, portanto, não desenvolvem linguagem oral (BRASIL, 2006). A surdez ainda pode ocorrer de forma unilateral, ou bilateral, sendo o primeiro caso mais ocorrentes em indivíduos do sexo masculino em levantamentos realizados por Castro e colaboradores (2008).

A surdez pode ocorrer em diferentes períodos da vida, podendo ocorrer na fase pré-natal, peri-natal, ou após o nascimento, e em qualquer faixa etária do indivíduo. Podendo ser ocasionada por fatores hereditários; em decorrência de doenças na mãe gestante, ou consumo de drogas durante a gestação; parto prematuro, ou em caso de parto após o período ideal para o nascimento; infecções e doenças em crianças, assim como exposição excessiva a perturbação sonora e traumas diversos durante toda a fase de vida do indivíduo (BRASIL, 2016).

Indivíduos acometidos por surdez severa, ou profunda na fase pré-lingual de desenvolvimento, pode sofrer fortes prejuízos em diferentes parâmetros, sobretudo na aquisição da linguagem (MOURA, *et al*, 2017). Visto que a abstenção sensorial da audição promove dificuldades na socialização das crianças, justamente de forma antagônica às condições necessárias ao desenvolvimento da linguagem:

> A aquisição da linguagem se inicia nos primeiros contatos do bebê com o mundo, por meio da interação com o meio e as pessoas ao seu redor. Essa visão entende a linguagem como fenômeno social e cultural, no qual o desenvolvimento vai acontecendo mediante os estímulos e interferências que esse ambiente tem na vida da criança (DEUS, 2013, p. 7).

A partir de avanços científicos na perspectiva da fonoaudiologia relacionado às próteses auditivas, possibilitou-se melhorias na audição de surdos. Assim, em algumas situações, os danos proporcionados pela surdez podem ser reduzidos significativamente por meio do implante coclear em crianças, o qual pode promover melhorias na audição e consequentemente na educação, comunicação e linguagem das crianças implantadas (MOURA, *et al*, 2017). Contudo, há dúvidas se tais ferramentas possibilitam o processo de aquisição da linguagem oral (SANTANA, 2015). Inclusive é importante mencionar que tais

implantes não devem ser considerados uma solução para a surdez, embora seja útil em determinados casos.

Santana e Bergamo (2005) explicam que além dos aspectos biológicos relacionados à surdez e ao deficiente auditivo, há questões culturais envolvidas em tais grupos. Ao longo do tempo surge discussões que uma pessoa surda é aquela que não usa da oralidade para se comunicar, criando uma identidade cultural de não se usar próteses auditivas, utilizar-se apenas a Libras para se comunicar, aceitando a condição de não ouvinte. Já os deficientes auditivos são aqueles que não aceitam a Libras como língua oficial e preferem o português como primeira língua usando as próteses auditivas para a comunicação oral. Assim, de acordo com a língua se torna definidora de uma identidade social (SANTANA; BERGAMO, 2005).

Aspectos históricos relacionados à educação de surdos

Ao longo da história é possível verificar a valorização exacerbada de atributos físicos e das potencialidades intelectuais de determinadas pessoas, que pode levar à desvalorização e preconceito para com as pessoas com deficiência:

> Como consequência da supervalorização da capacidade física, sensorial e cognitiva, as pessoas com deficiência enfrentaram a eliminação, a exclusão, e muitas formas de segregação como prova do preconceito, da discriminação e da desvalorização de suas vidas. Em todas as situações manifesta-se a opressão sobre os indivíduos de grupos minoritários em situação de vulnerabilidade (MAIOR, 2016, p. 1).

A educação para pessoas com deficiência em países europeus apresenta quatro períodos com características marcantes. Fase de negligência (era pré-cristã), período na qual este público não era atendido com apoio educacional; fase de institucionalização (entre o séc. XVIII e XIX), com os deficientes segregados e alocados em fundações domiciliares; fase de criação de espaços para educação especial (final do séc. XIX e início do XX), marcada pela destinação de espaços em escolas públicas para a educação de pessoas com deficiência; fase de integração social (final do séc. XX), caracterizada pela integração da pessoa com deficiência em ambientes escolares, numa perspectiva mais próxima da educação ofertada para as pessoas socialmente ditas como “normais” (MIRANDA, 2004).

A história da educação inclusiva no Brasil foi estabelecida ainda no governo imperial por meio da instauração de dois institutos relacionados às pessoas com deficiências na cidade do Rio de Janeiro. O primeiro marco fundamental foi a instauração do “Instituto dos Meninos Cegos” em 1854, posteriormente denominado Instituto Benjamin Constante (LIRA; SCHLINDWEIN, 2008). Tal instituto foi o único que atendeu crianças cegas em toda

América Latina até o ano 1926, quando foram instauradas outras instituições semelhantes (PUGA, 2016).

O segundo marco fundamental compreendeu a instauração do "Imperial Instituto dos Surdos-Mudos" no ano de 1857. Tal instituto compreendeu o marco inicial da educação para surdos no Brasil, contando com projeto pedagógico específico para a educação especializada de surdos da época (SOFIATO, 2018). O instituto apresentou diferentes nomes ao longo dos anos, sendo desde 1957 até os dias atuais denominado Instituto Nacional de Educação de Surdos (ROCHA, 2009).

Em meados da década de 1880 a educação para os surdos tinha como objetivo qualificar os indivíduos apenas para trabalhos agrícolas, desta forma a educação era ofertada em níveis básicos de ensino, não possibilitando a alfabetização dos surdos (COSTA, 2017). Assim, por diferentes ópticas a educação dos surdos nesta época era falha:

> Essa abordagem acabava por limitar as opções de trabalho dos surdos, assim como levavam a alienação no que diz respeito a sua posição como cidadão e de escolha quanto a sua profissão, ocorrendo uma imposição em relação a quais atividades laborais deveria realizar (CASTRO; CALIXTO, 2016, p. 3).

Em 1889 a educação para surdos passou a ser rude contra a sinalização, assim as mãos dos estudantes surdos eram atadas, ou presas entre as pernas, obrigando os mesmos a se comunicarem visualmente e nos parâmetros do oralismo (MORI; SANDER, 2015). A educação para este grupo segue por décadas à mercê da "ditadura do oralismo", visto que a educação para surdos foi historicamente baseada nos modelos ouvintes de educação (OLIVEIRA; FIGUEIREDO, 2017). Mori e Sander (2015) inferem que mudanças consideráveis na melhoria da educação dos surdos ocorreram apenas no século XX após o reconhecimento da língua de sinais americana nos Estados Unidos.

Discussões iniciais sobre a inclusão de surdos em ambientes escolares ocorre por meio da Declaração de Salamanca em 1994, que defende o caráter inclusivo de escolas na perspectiva da educação para todos (UNESCO, 1994). A partir da declaração anteriormente mencionada a educação inclusiva se popularizou e ganhou forças (ROGALSKI, 2010). Embora já tenha sido pauta no Brasil República por meio da instauração da Constituição Federal de 1988, a qual em seu artigo 208, preconiza o atendimento educacional especializado para pessoas com deficiência (BRASIL, 2019).

Em meados da década de 1990 foram desenvolvidos estudos linguísticos acerca da LIBRAS, e a partir da década de 2000, tais discussões tomaram maiores proporções. Assim, a educação de surdos apresenta como marco de grande relevância a aprovação da Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002 que reconheceu a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) como forma oficial de comunicação (BRASIL, 2002). Posteriormente, aspectos relacionados a educação dos surdos é contemplada por meio do Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005 que regulamentou a legislação federal anteriormente mencionada (BRASIL, 2005). Contemplando aspectos relacionados às condições de ensino dos estudantes surdos, sobretudo na abordagem da educação bilíngue.

Ensino de Ciências e Biologia para surdos

Estudos que visem analisar aspectos sobre o ensino das Ciências Biológicas são de grande relevância visto que tal área do conhecimento contribui para com a formação cidadã dos estudantes (ALVIM; ZANOTELLO, 2014). Sobretudo no caso de estudantes surdos, uma vez que a formação básica para a comunidade surda precisa promover o desenvolvimento da criticidade e autonomia do indivíduo (SANTANA; SOFIATO, 2018). Possibilitando, também a ocupação produtiva dos surdos em diferentes âmbitos da sociedade, sobretudo os capacitando para o mercado de trabalho (LOXE, et al, 2019). Desta forma, o ensino das ciências biológicas, juntamente com as demais áreas do conhecimento devem promover ampla formação:

> [...] a educação de alunos com surdez deve ser um assunto prioritário e que leve a reflexões pelas dificuldades que impõe e por suas limitações, assim propostas educacionais direcionadas para surdos devem ter como objetivo principal o desenvolvimento pleno de suas capacidades, muito embora isso não seja observado com frequência na realidade atual (RIZZO, et al, 2014, p. 2).

Discussões sobre a educação de surdos foram desenvolvidas ao longo dos anos, entretanto, muitos estudos foram realizados na perspectiva da linguística (ROCHA, 2009). Sendo ainda necessários mais estudos que visem analisar as condições de ensino e aprendizagem das diferentes áreas do conhecimento, sobretudo às ciências biológicas (SHIMABUKO JUNIOR; HARDOIM, 2017). Dentre o cerne de discussões acerca do ensino de ciências e biologia para a comunidade surda estão aspectos relacionados à relação entre professor, conteúdo, estudante surdo, intérprete e a carência de sinais para conceitos específicos.

A aprendizagem dos estudantes surdos é fortemente influenciada pela atuação dos profissionais que se relacionam com o sujeito em sala de aula. Tanto pelos professores, quanto pelos intérpretes de LIBRAS, que são profissionais necessários na ausência de professores bilíngues (PAGLIUCA, et al, 2015). Assim, sobre o intérprete:

> O intérprete de LIBRAS é um dos profissionais de apoio que atua diretamente na sala de aula inclusiva. Com a responsabilidade de abordar uma dada língua fonte para uma língua alvo que, nesse caso é traduzir/interpretar o conteúdo ministrado pelo professor em sala de aula para a língua brasileira de sinais (LIBRAS). Esse intérprete educacional, por sua vez se utiliza de outros instrumentos e signos da LIBRAS para realizar sua intermediação (BORGES; TAVARES JUNIOR, 2018, p.6).

Entretanto, apenas a presença do intérprete durante as aulas de Ciências e Biologia, não garante a aprendizagem satisfatória dos surdos para tal área. Visto que há vários conceitos e termos das ciências biológicas que não apresentam sinais específicos correspondentes (PINHEIRO, 2018). Nestes casos, resta aos intérpretes realizarem a soletração do termo por meio da datilologia, embora esta estratégia não seja viável, pois dificulta a compreensão dos conceitos pelos estudantes surdos (BORGES; TAVARES JUNIOR, 2018). Outro fato que complexifica o ensino desta área, perante a diversidade de conteúdos específicos contemplados, é o fato da maioria dos intérpretes não serem formados em Ciências Biológica, tornando a tradução do conteúdo dificultada, uma vez que o intérprete não apresenta domínio teórico do conteúdo ministrado (CARMONA, 2015).

Os processos de ensino e aprendizagem das ciências biológicas são de fato desafiadores tanto para o estudante surdo, quanto para os professores e intérpretes. Entretanto, perante as dificuldades há possibilidades de usar estratégias e recursos didáticos que facilitem tais processos:

> Quando se permite ao aluno surdo o acesso ao conteúdo por meio de sua língua e com materiais didáticos visualmente adaptados, possivelmente as dificuldades em compreender os fenômenos serão bem menores, e como consequência, facilitará ao surdo o desenvolvimento de competências que o auxiliarão na sua produção textual (RESENDE, 2010, p. 20).

Dentre os recursos didáticos que contribuem para com o ensino de ciências e biologia de surdos, destacam-se os que exploram recursos visuais que facilitam significativamente no processo de aprendizagem (MARINHO, 2007; RESENDE, 2010; GOMES; BASSO, 2014). Dentre eles, recebem destaque os jogos e livros infantis (RESENDE, 2010); vídeos, história em quadrinhos e pôsteres (QUEIROZ, et al, 2012); outro recurso visual importante nesta perspectiva são imagens em livros didáticos, que auxiliam intérpretes em casos de não haver

sinais específicos para determinados termos biológicos abordados em aula (CARMONA, 2015).

Mesmo com a importância dos recursos visuais para o ensino e aprendizagem de ciências e biologia para estudantes surdos, vários recursos visuais são escassos em algumas realidades (BORGES; TAVARES JUNIOR, 2018). Contudo, o professor em suas atribuições enquanto docente necessita vislumbrar as necessidades do corpo estudantil em sua pluralidade de formas, potencialidades e carências, propondo estratégias e recursos didáticos que possibilitem o desenvolvimento de todos os educandos.

METODOLOGIA

Esta pesquisa se configura como sendo do tipo documental, uma vez que vislumbra a análise de trabalhos publicados em anais, tendo abordagem quanti-qualitativa. A abordagem quanti-qualitativa compreende um módulo de análise na qual inferências sobre dados quantitativos incrementam os dados qualitativos e vice-versa (SOUZA; KERBAUY, 2017).

Neste trabalho foram analisados os anais de todas as edições do Congresso Nacional de Educação. A análise dos anais foi realizada por meio do site do evento (https://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/anaisanteriores.php). No qual foram realizadas buscas com os termos “LIBRAS” e “SURDOS” a fim de identificar os trabalhos que contemplavam a educação de surdos. Assim foram selecionados trabalhos que contemplaram o ensino das Ciências Biológica para estudantes surdos.

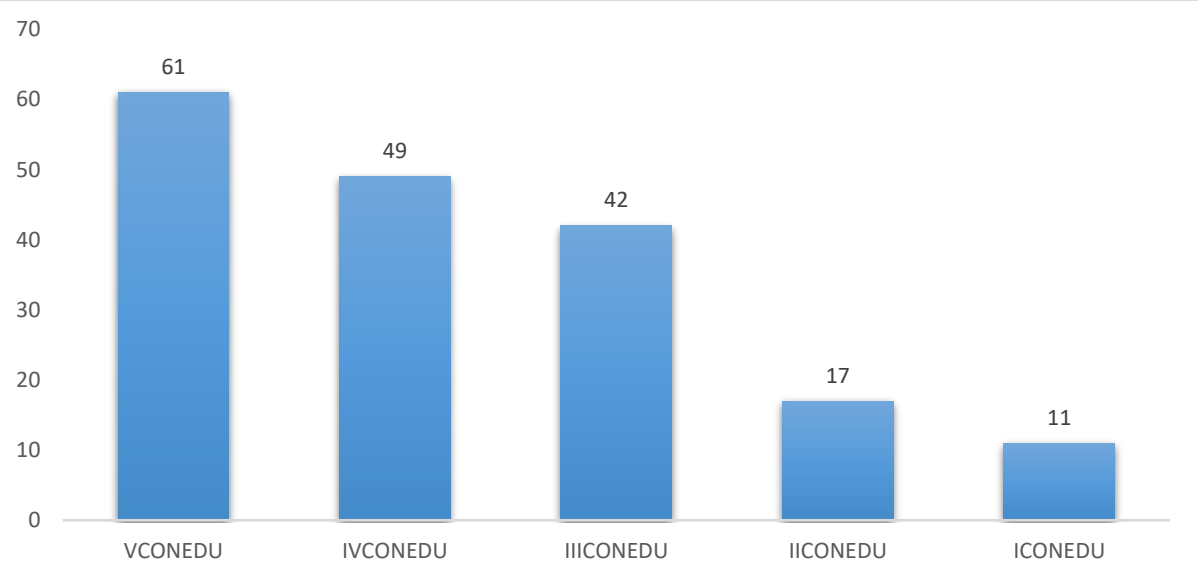
Para a análise dos trabalhos foi utilizado o método de Análise de Conteúdo na perspectiva de Bardin (2011). Que compreende uma série de técnicas de análise das comunicações, contendo processos sistemáticos e objetivos que possibilitam descrever o conteúdo das mensagens (BARDIN, 2011). Para este trabalho foram utilizadas duas fases da metodologia de Lawrence Bardin, a fase de pré-análise e a fase exploratória que incluem leitura flutuante, sistematização do material, análise e agregação das informações em categorias temáticas (SILVA; FOSSÁ, 2015). Desta forma, definidas três categorias a posteriori com o intuito de sistematizar e compreender eixos de discussão sobre o ensino de Ciências e Biologia abordados pelos trabalhos de interesse para esta pesquisa publicados nos anais do CONEDU.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os anais das edições 2014 a 2018, totalizando as cinco edições do CONEDU, sendo possível computar um total de 180 trabalhos que abordavam a temática "Educação de Surdos". O número de trabalhos publicados neste eixo aumentou significativamente durante as edições do congresso, ocorrendo então poucos trabalhos na edição de 2014, enquanto o número aumentou exponencialmente em 2018 (Figura 1).

As temáticas abordadas nos trabalhos sobre surdos são diversas, mas a maioria dos trabalhos (n=25) abordou a inclusão de surdos nos mais diferentes ambientes, sendo eles educacionais, ou outros âmbitos sociais, outra parcela significativa dos trabalhos contemplou o ensino de LIBRAS (n=17). Na perspectiva da relação entre áreas do conhecimento e o ensino de surdos, recebe destaque a Matemática (n=13), seguida pelas Ciências Biológicas (n=9). Outras áreas também foram contempladas, tais quais Química (n=7); Português (n=4); Geografia (n=3). Entretanto ainda são necessários o desenvolvimento de mais trabalhos que tenham como objeto central o ensino e aprendizagem de ciências e biologia para surdos (SHIMABUKO JUNIOR; HARDOIM, 2017).

FIGURA 1 – Trabalhos que abordaram a educação de surdos nos anais das edições do Congresso Nacional de Educação (CONEDU).



Fonte: Os Autores.

As temáticas abordadas em trabalhos publicados na categoria "educação de surdos" foram significativamente variadas. Além dos temas supracitados, ocorreram trabalhos sobre educação inclusiva; atuação docente perante estudantes surdos; formação inicial dos

professores e o uso da LIBRAS; uso de tecnologias como ferramenta para auxiliar o ensino; educação bilíngue; importância da LIBRAS; atuação dos intérpretes; relação surdo-ouvinte; educação física; ensino de língua estrangeira (inglês e espanhol); ensino de Física; ensino de Filosofia; Evasão escolar de estudantes surdos; Políticas para a comunidade surda e discussões sobre preconceitos para com surdos;

Mesmo dada a diversidade de trabalhos neste eixo, apenas foram devidamente analisados os trabalhos que abordaram o ensino de Ciências e/ou Biologia para alunos surdos. Nas edições de 2014 e 2015 (1º e 2º CONEDU) não foram publicados trabalhos nesta área, o primeiro trabalho que discutiu sobre o ensino de ciências para surdos foi publicado nos anais da terceira edição do evento (Quadro1). Nesta perspectiva recebe destaque a edição de 2017 (4º CONEDU) que ocorreu na cidade de João Pessoa - PB e apresentou cinco trabalhos relacionados ao ensino de ciências biológicas para a comunidade surda, contemplando diferentes abordagens sobre a temática.

Quadro 1 – Trabalhos acerca do Ensino de Biologia para surdos nos anais do Congresso Nacional de Educação.

EDIÇÃO	TÍTULO	AUTORIA
IIICONEDU	Jogos na educação de alunos surdos: uma proposta para o ensino de ciências	Reginara Teixeira da Silva, Franciellem de Sousa Carvalho, Laís Carolline do Nascimento Siqueira
IIICONEDU	Utilização de modelos didáticos tridimensionais para o ensino de ciências a alunos surdos	Franciellem de Sousa Carvalho, Reginara Teixeira da Silva, Laís Carolline do Nascimento Siqueira
IVCONEDU	Atuação dos tradutores e intérpretes de libras no ensino fundamental – uma experiência no ensino de ciências biológicas	Renata Priscila Alves Da Silva, Ernani Nunes Ribeiro
IVCONEDU	Estudante surdo e o ensino de ciência: uma realidade educacional e social	Lucas Eduardo da Silva; Ariany Palhares De Oliveira Borges Vicente
IVCONEDU	Metodologia inclusiva para o ensino de biologia: uma intervenção lúdica para alunos surdos	Adriane Amazonas da Silva Aragão, Raquel Cordeiro Nogueira Lima

IVCONEDU	Recursos didáticos utilizados no projeto de atendimento educacional especializado para o ensino de ciências com alunos surdos	Herica Tanhara Souza; Sâmia Carvalho do Amaral; Matheus Oliveira da Cruz; Ana Raquel Nunes Carvalho; Rosemary meneses dos santos.
IVCONEDU	Teste piloto de análise das concepções prévias sobre microrganismos de estudantes surdos	Naama Pegado Ferreira; Ivaneide Alves Soares da Costa
VCONEDU	A inclusão dos alunos surdos nas aulas de ciências biológicas	Paula Sabrina Bronze Campos; Kayury Serrão da Silva; Vinicius de Moura Oliveira
VCONEDU	A utilização de slides no ensino e aprendizagem de biologia para alunos surdos do ensino médio em Caxias, MA	Luciana Marta Ferreira Damasceno e Silva; Maria Fernanda Ribeiro Ferreira; Alyson Paulynelli Camilo da Silva; Waldirene Pereira de Araújo

Fonte: Os Autores.

Categorias de análise

Ao analisar o escopo de todos os trabalhos selecionados foi possível elaborar três categorias *a posteriori*, nas quais os trabalhos foram distribuídos perante o objeto central abordado pelos resumos. Assim, a leitura e análise inicial dos trabalhos, sistematização e disposição em categorias possibilitou a compreensão sistemática das abordagens da educação para surdos na perspectiva das Ciências Biológicas nos anais do CONEDU. Visto que, tais métodos possibilitam ao pesquisador compreender o que está por trás do material investigado (SILVA; FOSSÁ, 2015).

Categoria 1 – Recursos didáticos

Esta categoria engloba os trabalhos que abordaram sobre a produção de recurso didático, relato de utilização dos mesmos e análises perante a importância atribuída ao uso dos recursos didáticos na perspectiva do ensino das ciências biológicas (Quadro 2). Esta categoria foi a mais representativa (n = 5), assim a maioria dos trabalhos analisados discutem sobre os recursos didáticos na educação dos surdos, que são materiais fundamentais para a aprendizagem dos mesmos (BORGES; COSTA, 2010).

Quadro 2 – Trabalhos inclusos na categoria Recursos didáticos.

CATEGORIA	CÓDIGO	EDIÇÃO	TÍTULO
1	T1	III	Jogos na educação de alunos surdos: uma proposta para o ensino de ciências
1	T2	III	Utilização de modelos didáticos tridimensionais para o ensino de ciências a alunos surdos
1	T3	IV	Metodologia inclusiva para o ensino de biologia: uma intervenção lúdica para alunos surdos
1	T4	IV	Recursos didáticos utilizados no projeto de atendimento educacional especializado para o ensino de ciências com alunos surdos
1	T5	V	A utilização de slides no ensino e aprendizagem de biologia para alunos surdos do ensino médio em caxias, MA

Fonte: Os Autores.

Os trabalhos contemplaram diferentes conteúdos sobre ciências e biologia, entretanto a maioria destes trabalhos contemplaram aspectos sobre biologia da espécie humana, abordando fecundação humana (T1), desenvolvimento embriológico (T2), corpo humano (T3). Entretanto, o T5 contemplou a biologia vegetal. Enquanto o T4 compreende uma pesquisa feita com professores e profissionais de atendimento especializado sobre a importância dos recursos didáticos na perspectiva do ensino e aprendizagem das ciências para estudantes surdos.

Nesta categoria de trabalhos foram utilizados diferentes recursos didáticos, tais como o uso de slides (T5), cartazes lúdicos (T3), modelos didáticos (T2), jogo didático (T1). Assim, é possível verificar que ocorreram diferentes abordagens com utilização de recursos visuais que são imprescindíveis para a construção de conhecimento sobre ciências e biologia por estudantes surdos (TAVARES; ANIC, 2018).

Categoria 2 – Mediadores da aprendizagem

Esta categoria engloba os trabalhos que abordaram aspectos relacionados a atuação de intérpretes de LIBRAS e professores da educação básica, perante o ensino das ciências biológicas para a comunidade surda (Quadro 3).

Quadro 3 – Trabalhos que discutiram sobre a atuação dos mediadores da aprendizagem no ensino de ciências biológicas para surdos.

CATEGORIA	CÓDIGO	EDIÇÃO	TÍTULO
2	T6	IV	Atuação dos tradutores e intérpretes de LIBRAS no ensino fundamental – uma experiência no ensino de ciências biológicas
2	T7	V	A inclusão dos alunos surdos nas aulas de ciências biológicas

Fonte: Os Autores.

Nesta categoria foram analisados aspectos sobre a atuação profissional de tradutores e intérpretes (T6). No trabalho foi verificado a atuação dos profissionais na perspectiva do conteúdo de citologia, que apresenta elevado nível de abstração e carece de sinais específicos (BORGES; TAVARES JUNIOR, 2018). Enquanto o T7 contempla a atuação docente perante a ocorrência de estudantes surdos nas aulas de Biologia, direcionando a discussão na perspectiva da inclusão.

Categoria 3 – Condições de ensino e aprendizagem

Esta categoria foi constituída por trabalhos que puseram em pauta aspectos relacionados a realidade do estudante surdo em sala nas aulas de ciências (Quadro 4). Os trabalhos levaram em consideração diferentes aspectos relacionados a educação dos surdos, desde a importância de verificar a bagagem teórica construída pelos indivíduos, assim como implicações sociais da ocorrência de surdos em sala de aula na perspectiva de sensibilizar os professores e demais estudantes ditos “normais”.

Quadro 4 – Trabalhos sobre condições de ensino e aprendizagem de estudantes surdos em aulas de ciências e biologia

CATEGORIA	CÓDIGO	EDIÇÃO	TÍTULO
3	T8	IV	Estudante surdo e o ensino de ciência: uma realidade educacional e social
3	T9	IV	Teste piloto de análise das concepções prévias sobre microrganismos de estudantes surdos

Fonte: Os Autores.

Ambos os trabalhos foram desenvolvidos em aulas de ciências com estudantes surdos (T9), e estudantes surdos e ouvintes juntamente com professores e intérpretes (T8). Sendo contemplados conteúdos sobre microrganismos, a exemplo de fungos e bactérias, assim como

doenças causadas pelos mesmos com o intuito de verificar a aprendizagem e direcionar o professor perante lacunas na aprendizagem dos surdos sobre o conteúdo microrganismos.

Em T8 o discurso segue na perspectiva de sensibilizar todos os indivíduos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem de ciências em turma com estudantes ouvintes e surdos. No trabalho foi desenvolvida uma aula invertida, na qual a aula de ciências foi ministrada em LIBRAS, na tentativa de valorizar a primeira língua dos surdos no ambiente escolar. Além de sensibilizar sobre as condições de ensino e aprendizagem as quais os estudantes surdos podem ser submetidos, considerando a importância da interação dos mesmo com o professor e colegas (RESENDE, 2010; SHIMABUKO JUNIOR; HARDOIM, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Congresso Nacional de Educação apresentou um aumento considerável de publicações sobre educação de surdos desde a execução da primeira edição em 2014. Entretanto, trabalhos que visem verificar diferentes parâmetros relacionados ao ensino e aprendizagem de ciências e biologia para surdos ocorrem apenas a partir da terceira edição. Considerando o número total de trabalhos publicados nos anais do evento que envolvem a educação de surdos (n=180), ainda foram publicados poucos trabalhos que envolvam as ciências naturais e a educação de surdos (n=9). Embora os conteúdos referentes às ciências naturais contribuem para a formação cidadã e crítica dos indivíduos, surdos e ouvintes.

Dentre as categorias definidas a posteriori nesta pesquisa, recebe destaque a categoria 1 constituída por trabalhos que contemplam recursos didáticos no ensino e aprendizagem de conteúdos sobre Ciências e Biologia para estudantes surdos. Tal fato pode ser justificado pela elevada importância que tais recursos apresentam para a educação de surdos, sobretudo os recursos que valorizam aspectos visuais.

Entretanto, em menor quantidade foram publicados trabalhos referentes as categorias 2 e 3, que abordam, respectivamente aspectos relacionados aos mediadores da aprendizagem e referente às condições de ensino e aprendizagem nas quais estudantes surdos estão submetidos. Desta forma, na categoria 2 os trabalhos publicados promovem discussão sobre a atuação docente perante o atendimento a estudantes surdos, assim como foi posto em pauta a atuação de intérpretes e tradutores de LIBRAS perante conteúdos referentes a Citologia, os quais foram considerados como complexos e abstratos. Enquanto na categoria 3, os trabalhos discutiram sobre a impotância e valorização da LIBRAS e do estudante surdo em ambiente

escolar ocupado majoritariamente por ouvintes, no qual se discute sobre aspectos sociais referentes a ocorrência de surdos em aula de Ciências, na perspectiva de sensibilizar os professores e demais estudantes acerca das condições nas quais estão inseridas os estudantes surdos.

As publicações que abordam o ensino e aprendiazagem de Ciências e Biologia para estudantes surdos no CONEDU ainda são quantitativamente singelas, embora pertinentes para o cenário educacional brasileiro. Entretanto, é importante e necessário a realização de outros trabalhos que tencionem verificar os diversos aspectos sobre a educação de surdos do ponto de vista das ciências biológicas.

REFERÊNCIAS

ALVIM, Marcia Helena; ZANOTELLO, Marcelo. M. História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 349-359, 2014.

BORGES, R. B.; TAVARES JUNIOR, M. J. O intérprete de LIBRAS no ensino de Ciências e Biologia para alunos surdos. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 11, n. 2, p. 61-76, 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: Atualizada até a EC n. 99/2017. Brasília: 2019.

BRASIL. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5626.htm. Acesso em: 16 Jun. 2019.

BRASIL. **Estatuto da Pessoa Com deficiência**. Brasília, 2013.

BRASIL. **Introdução à LIBRAS**. Fundação Escola Nacional de Administração Pública: Brasília, 2016.

BRASIL. **Lei nº 10.436, de 24 de Abril de 2002**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10436.htm>. Acesso em: 16 de Jun. de

2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes nacionais para a educação especial na Educação Básica**. Brasília: MEC/SEESP, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Saberes e Práticas da Inclusão**: Dificuldades de Comunicação e Sinalização Surdez. Brasília, 2006.

CARMONA, Julio Cesar Correia. **A dicionarização de termos em língua brasileira de sinais (Libras) para o ensino de biologia: uma atitude empreendedora**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2015.

CASTRO, F. G. S.; CALIXTO, H. R. da S. Aspectos históricos e legais sobre a educação de surdos no brasil: do império à República Velha. **Journal of Research in Special Educational Needs**, v. 16, p. 192-196, 2016.

CASTRO, S. S. et al. Deficiência visual, auditiva e física: prevalência e fatores associados em estudo de base populacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, p. 1773-1782, 2008.

Costa, J. P. B. Uma experiência de educação: surdos do mercado de trabalho revisitando a Língua Portuguesa na presença da Libras. ***Revista CBTecLE***, v. 1, n. 1, p. 632-648, 2017.

DEUS, M. de L. F. Surdez: linguagem, comunicação e aprendizagem do aluno com surdez na sala de aula comum. **Revista Anápolis Digital**, Anápolis, v. 3, n. 1, 2012.

GOMES, P. C.; BASSO, S. P. S. O ensino de biologia mediado por libras: perspectivas de licenciandos em ciências biológicas. **Trilhas pedagógicas**, v. 4, n. 4, p. 40-60, 2014.

LIRA, M. C. F. de; SCHLINDWEIN, L. M. A pessoa cega e a inclusão: um olhar a partir da psicologia histórico-cultural. Cad. **CEDES [online]**. v. 28, n.75, p.171-190. 2008

LOXE, E. G. et al. A inclusão do surdo no mercado de trabalho formal. **Revista Formadores**, v. 12, n. 1, p. 52-68, 2019.

MAIOR, I. História, conceito e tipos de deficiência. *In*: São Paulo. Governo do Estado de São Paulo.XXX. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2016. p. 1-8. "Textos de Apoio". Disponível em: http://violenciaedeficiencia.sedpcd.sp.gov.br/pdf/textosApoio/Texto1.pdf. Acesso em: 15 Jun. 2019.

MELRO, J.; CÉSAR, M. Inclusão de estudantes adultos surdos no ensino recorrente nocturno: Uma (segunda) oportunidade para quem?!. **Interacções**, v. 10, n. 33, p. 128-163, 2014.

MIRANDA, A. A. B. História, deficiência e educação especial. **Revista HISTEDBR**, Campinas, v. 15, p. 1-7, 2004.

MORI, N. N. R.; SANDER, R. E. História da educação dos surdos no Brasil. **Seminário de Pesquisa PPE, Universidade Estadual de Maringá**, 2015.

MOURA, T. M. R. et al. O resultado fonoaudiológico da audição e da linguagem associa-se com a percepção do resultado dos pais e dos professores de crianças usuárias do implante coclear?. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 12, n. 2, p. 63-77, 2017.

OLIVEIRA, F. B. Desafios na inclusão dos surdos e o intérprete de Libras. **Diálogos & Saberes**, v. 8, n. 1, 2012.

PAGLIUCA, L. M. F. et al. Repercussão de políticas públicas inclusivas segundo análise das pessoas com deficiência. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v. 19, n. 3, p. 498-504, 2015.

PINHEIRO, Maria Ágatha Compton. A formação de professores e o ensino de Biologia em salas com estudantes surdos. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

PUGA, L. F. Perspectivas históricas da educação do cego. **Journal of Research in Special Educational Needs**, v. 16, p. 823-826, 2016.

QUEIROZ, T.G.B. et. al. Estudo de planejamento e design de um módulo institucional sobre o sistema respiratório: o ensino de ciências para surdos. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 18, n. 4, p.913-930, 2012.

RESENDE, Mônica Maria Pereira. Avaliação do uso de modelos qualitativos como instrumento didático no ensino de ciências para estudantes surdos e ouvintes. 2016.

RIZZO, Roberta Silva et al. O ensino de doenças microbianas para o aluno com surdez: um diálogo possível com a utilização de material acessível. **Revista Educação Especial**, v. 27, n. 50, p. 765-776, 2014.

ROCHA, Solange Maria. **Antíteses, Díades, Dicotomias No Jogo Entre Memória E Apagamento Presentes Nas Narrativas Da História Da Educação De Surdos**: um olhar

para o Instituto Nacional de Educação de Surdos (1856/1961), 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SANTANA, Ana Paula. **Surdez e Linguagem**: aspectos e implicações neurolinguísticas. 5 ed. São Paulo: Summus, 2015.

SANTANA, R. S.; SOFIATO, C. G. O estado da arte das pesquisas sobre o ensino de Ciências para estudantes surdos. **Práxis Educativa**, v. 13, n. 2, p. 596-616, 2018.

SANTANA, A. P.; BERGAMO, A. Cultura e identidade surdas**:** encruzilhada de lutas sociais e teóricas. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 26, n. 91, p. 565-582, 2005.

SHIMABUKO JUNIOR, J. B.; HARDOIM, E. L. Remexendo o esqueleto: uma proposta de ensino do sistema ósseo para surdos e ouvintes. **Revista Educação, Artes e Inclusão**, v. 13, n. 1, p. 077-096, 2017.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 17, n. 1, 2015.

SILVA, Pablye Ferreira. **O ensino de biologia para alunos surdos do ensino médio de escolas públicas estaduais de Formosa-Go**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2015.

SIQUEIRA, A. C. B.; SILVA, C. P. Dar voz a quem não é ouvido: barreiras enfrentadas pelo surdo no acesso à informação televisiva. **Cadernos da Escola de Comunicação**, 2013.

SOFIATO, C. G. A educação de surdos no século XIX: currículo prescrito e modelo de educação. **Cadernos de Pesquisa**, v. 25, n. 2, p. 207-224, 2018.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v.31, n.61, p.1-19, 2017.

UNESCO. **Declaração de Salamanca e enquadramento da ação**. Necessidades Educativas Especiais. Salamanca – Espanha, 1994.

EFICIÊNCIAS E EFETIVIDADES DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO.

Bruno Gomes Cunha [1]
Edna Cordeiro de Souza [2]
Thâmmara Lariane Henriques Tito [3]
José Jefferson da Silva Nascimento [4]

RESUMO

Este trabalho, traz uma revisão da literatura acerca dos estudos realizados sobre os sistemas de geração de energia a partir de matrizes geotérmicas. As pesquisas aqui exploradas foram publicadas entre 2008 e 2018, e seus autores procuraram apresentar os avanços tecnológicos e estudos para aumento de eficiência e eficácia dos ciclos térmicos, principalmente o Ciclo Orgânico de Rankine (ORC) e o Ciclo de Kalina (KC) e suas variações. O investimento em pesquisas deste tipo corrobora com a necessidade latente em escala global, da mudança nas matrizes energéticas atuais, onde predominam o uso de combustíveis fósseis, em detrimento do uso de fontes de calor limpas e renováveis como é o caso da energia geotérmica. Ao longo destes 10 anos o avanço tecnológico neste tipo de sistema restringiu-se a melhoria no rendimento dos ciclos térmicos, e instalação de plantas com sistemas híbridos entre geotérmicas, solar, biomassa e gás, para melhorar a eficiência energética e exegética do sistema como um todo, tornando-o mais barato, e economicamente viável.

Palavras-chave: Eficiência, Efetividade, Sistema Geotérmico, Termodinâmica.

INTRODUÇÃO

O consumo de energia deverá aumentar em todo o mundo consideravelmente nos próximos anos, devido ao crescimento contínuo da população mundial e à maior demanda humana por energia. Atualmente, os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) são amplamente utilizados para fornecer energia. De acordo com a International Energy Agency (IEA) estima-se que o a produção mundial de petróleo pode atingir o pico em 2030, assim, com a possível escassez de combustíveis fósseis e as preocupações crescentes sobre os problemas ambientais que os mesmos causam, o uso de fontes renováveis de energia têm surgido como uma alternativa parcial aos problemas energéticos decorrentes da utilização pouco eficiente das fontes não renováveis de energia.

Neste cenário, a energia geotérmica, definida como a energia térmica proveniente do interior da Terra, desponta como uma alternativa promissora como fonte de energia renovável

[1] Doutorando pelo Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, eng.bgomes@gmail.com;
[2] Doutorando pelo Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, ednasouza2@hotmail.com;
[3] Doutorando pelo Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, thammaratito@gmail.com;
[4] Professor orientador: Doutor, Pesquisador do Departamento de Engenharia de Materiais – DEMa/CCT/UFCG.

e não-poluidora. A temperatura e/ou a entalpia são propriedades comumente utilizadas para classificar as fontes geotérmicas, desta forma podem ser divididas em três grupos: fontes de baixa, média e alta entalpia. A geração de eletricidade é a mais importante forma de utilização de fontes geotérmicas de alta temperatura >150ºC. As fontes de média e baixa temperatura <150ºC são adequadas em diferentes tipos de aplicações na agricultura, na indústria e na utilização residencial (SINGHAL; GUPTA, 2010).

Um dos fatores que dificultam o aproveitamento das fontes de energia geotérmica é que as fontes de média e alta temperatura estão disponíveis em poucos lugares do mundo, dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento das fontes de baixa temperatura. Dentre as tecnologias disponíveis destacam-se o Ciclo Kalina e o Ciclo Orgânico de Rankine.

O Ciclo Kalina e o Ciclo Orgânico de Rankine são tecnologias utilizadas para produção de trabalho útil a partir de fontes de calor de baixa temperatura. Estes ciclos são caracterizados por utilizarem fluidos de trabalho ou misturas de fluidos que apresentam baixas temperaturas de vaporização, o qual os torna conveniente para o aproveitamento de fontes de calor de baixa temperatura. Estas tecnologias permitem obter maiores potências a partir de fontes quentes, revalorizando as fontes de calor que tinham um baixo potencial de realização de trabalho e dissipa o calor jogado na atmosfera sem produzir contaminação adicional ao meio ambiente (HO, 2012). Embora algumas fontes de energia geotérmica não sejam viáveis o suficiente, muitas pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de avaliar o desempenho dessas fontes energéticas para várias aplicações potenciais. Uma vez que a produção de energia isoladamente produz muito desperdício de calor, o qual não pode ser recuperado nesse sistema, tem-se considerado como alternativa os sistemas de produção de energia multigeracional para utilização do calor residual (YUKSEL et al, 2018). De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, sistemas de produção de energia de cogeração e trigeração baseados em energia geotérmica tornam-se mais viáveis do que sistemas de geração única. No entanto, sistemas integrados de multigeração, além da trigeração, são relativamente novos. Portanto, espera-se que sistemas multigeracionais integrados sejam mais utilizados no futuro, visto que esses sistemas proporcionam maior eficiência e menos danos ao meio ambiente.

METODOLOGIA

Esta pesquisa está caracterizada como uma revisão sistemática da literatura com finalidade descritiva (VERGARA, 2013) e destinando-se a explanar sobre o fenômeno de utilização de

sistemas geotérmicos e suas respectivas eficiências, efetividades e sustentabilidade relatadas em estudos nos últimos 10 anos. Foi utilizado o meio bibliográfico para busca na literatura científica pelo tema e almejou-se uma abordagem qualitativa dos dados analisados (GIL, 2010), visando à disponibilização de uma síntese dos dados relacionados aos níveis de eficiência desses sistemas termodinâmicos assim como a evolução comparativa desse fator no período determinado de tempo. O método de busca foi realizado utilizando o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_phome&Itemid=68), uma biblioteca virtual que possui um acervo de mais de 45 mil títulos com textos completos disponíveis e 130 bases referenciais. Para o sistema de "busca avançada" foram utilizados os descritores "thermodynamics", "entropy", "enthalpy" e "system", no campo 1 e "geothermal energy", no campo 2 e os conectores "qualquer" e "contém", "and", e "no título" e "é exato", respectivamente. A base de dados "Scopus" foi selecionada com a finalidade de eliminar a duplicidade de estudos ao mesmo tempo em que abrange a maioria dos artigos publicados na literatura científica. Foi selecionado o período de publicação de 2008 a 2018, e a opção de periódicos revisados por pares.

Desde a seleção à avaliação dos dados trazidos pelos autores das pesquisas encontradas, a análise de inclusão e exclusão de artigos pertinentes ao objetivo proposto nesta pesquisa três autores com diferentes especializações realizaram avaliações individuais para um consenso posterior e quando conflito existente, um consenso para análise de exclusão ou inclusão do artigo em questão foi realizado entre os três. O quarto autor revisou a pertinência da seleção dos estudos incluídos e mantidos para análise final.

A busca por dados e geração de resultados considerou questões sobre eficiência, efetividade e sustentabilidade dos sistemas termodinâmicos que utilizam energia geotérmica como fonte de calor para gerar trabalho e assim estimar e comparar a evolução do estado da técnica da utilização de sistemas geotérmicos. A classificação dos estudos em ordem crescente na tabela 1.1 considerou o fator "relevância" do estudo estabelecido automaticamente pela Plataforma Capes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca resultou em 30 artigos, dos quais, depois de lidos os respectivos resumos, 10 foram excluídos da pesquisa por não apresentarem em seus resultados uma estimativa de eficiência, de efetividade, ou de sustentabilidade de forma explicita pelos autores, e após a

leitura completa, 9 artigos foram eliminados por analisarem um tipo de energia específica sem foco estabelecido para um sistema geotérmico, apresentarem foco apenas para estado da arte ou análise econômica estritamente.

Os 11 estudos incluídos para descrição nesta revisão apresentaram pelo menos uma das questões de forma explícita.

No estudo 1 os autores apresentaram uma proposta de sistema integrado que consistia em um ciclo de refrigeração, a uma temperatura de 26,9%, por absorção de amônia-água, neste a energia geotérmica (fonte geotérmica líquida disponível a 200°C a uma taxa de 100 kg /s) fornecia calor para realização de trabalho no gerador, e o Ciclo de Claude para liquefação do hidrogênio (KANOGLU; YILMAZ; ABUSOGLU,2016).

Ao utilizarem as 1ª e 2ª leis da termodinâmica com os parâmetros ajustados, foi calculado para o ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água uma eficiência exergética de 67,0% e para o ciclo de Claude de 63,7. Os autores atribuíram a redução no consumo de trabalho necessário no processo de liquefação em 25,4% à utilização da fonte do sistema geotérmico para fornecimento de calor ao gerador que realiza trabalho para o processo de pré-resfriamento do hidrogênio. O estudo quantitativo conseguiu demonstrar que a fonte de calor geotérmica auxiliou assim um aumento da efetividade do sistema em um valor considerável, provavelmente contribuindo para uma eficiência exergética de 67,9%. Por fim há a indicação da energia geotérmica para tecnologias de hidrogênio baseadas em energias renováveis (KANOGLU; YILMAZ; ABUSOGLU,2016).

Os autores do estudo 2 tiveram como principal objetivo realizar uma análise termodinâmica de um novo sistema de energia multigeracional baseado na geotermia e nas primeira e segunda lei da termodinâmica. O estudo trouxe o desenvolvimento de um novo sistema com a utilização da energia geotérmica para geração e armazenamento de hidrogênio; a condução de uma análise termodinâmica para os processos integrados analisando saídas úteis; e a definição de taxa de destruição exergética e os desempenhos exergéticos de cada subsistema, e de todo o sistema. E para definição do desempenho do sistema integrado foi realizada uma investigação para estimar parâmetros mais eficientes e eficazes (YUKSEL; OZTURK; DINCER, 2018).

Os pontos positivos mais importantes encontrados pelos autores para o sistema analisado foram os seguintes:

- À medida que a temperatura de referência aumentou de 0ºC para 40ºC, a taxa de destruição exergética do sistema diminuiu acentuadamente, e ao se aproximar da temperatura da fonte geotérmica, mostrou que houve aumento do desempenho exergético do processo.

- À medida que a temperatura de referência aumentou, as taxas de produção de energia e hidrogênio aumentaram, e a taxa de produção de energia aumentou de cerca de 4350kW para quase 5100kW, com consequente aumento da taxa de produção de hidrogénio, de 0,0315 kg/s para 0,0355 kg/s.
- Taxas de produção de eletricidade e hidrogênio foram investigadas para a faixa de 130°C e 200 °C, mostrando aumento da taxa de produção de energia de 2000 kW para 9000 kW e a taxa de produção de hidrogênio de 0,015 kg/s para 0,06 kg/s.
- O aumento na temperatura do fluido geotérmico e redução da destruição exergética, aumentou eficiência exergética do processo de 3500 kW para 13500 kw e de 38% a 64%, respectivamente.

Como a energia térmica geotérmica foi utilizada como única entrada do sistema multigeracional, a temperatura da fonte geotérmica desempenhou um papel crucial para as taxas de produção de energia e hidrogênio. Logo, a fonte geotérmica com temperatura mais alta carrega uma maior entalpia e o aumento na temperatura do fluido geotérmico teve efeito positivo na taxa de saída do sistema. Ficou evidente no estudo que a temperatura de referência tem efeito positivo no desempenho do sistema, logo, aumentos na temperatura de referência diminuem a taxa de destruição exergética de todo o processo e as taxas de produção de energia e hidrogênio aumentam. E como desvantagem houve a abordagem de que o aumento da temperatura aumenta a pressão alta turbina, o que estebelece uma maior carga sobre a turbina Kalina, e esse aumento na pressão de entrada diminui as taxas de velocidade na geração de eletricidade e hidrogênio, afetando negativamente, porém não significativamente em relação ao total, as taxas de saída do sistema.

Os autores do estudo 3 propuseram e analisaram um modelo de sistema integrado com um ciclo de classificação intermitente, desumidificação e humidificação em uma unidade de dessalinização, almejando à utilização de energia a partir do vapor de água conseguido a utilizando uma fonte geotérmica. Entre os achados principais para o sistema em questão os autores observaram como relevante que em combinação com a queda contínua da entalpia com a elevação da temperatura de entrada na turbina a vapor, um valor máximo da produção de energia (157,0 kW) quando a temperatura intermitente está à 102,15°C, enfatizando que para garantir a segurança da turbina a vapor e a qualidade do vapor da exaustão da turbina a temperatura intermitente deve ser menor que 112,15°C, considerado como o limite inferior para a segurança da turbina que deve atingir uma qualidade de vapor de ~ 0,88 (exatamente 89,82%) (HE; YANG; HAN, 2018). Para julgar a viabilidade real das condições térmicas os autores analisaram a entropia nesse, tomando todos os valores de geração de entropia em comparação

obtiveram o resultado de que a evaporação intermitente tem a perda máxima irreversível entre todos os processos térmicos com o peso máximo de aproximadamente 40,4%. Ao fim, foi relatado que diante das condições analisadas o sistema não seria capaz de alcançar a produção de água (HE; YANG; HAN, 2018). Foi sugerido pelos autores que devido à elevação da taxa de fluxo de massa para equilibrar massa e energia, a redução da temperatura de pulverização e diferença de temperatura terminal do aquecedor de água do mar pode aumentar o desempenho do sistema integrado (HE; YANG; HAN, 2018).

O estudo 4 apresentou um sistema de geração de energia tripla utilizando uma fonte geotérmica, dados obtidos a partir da modelagem do sistema e de sua validação, elaborado para produzir eletricidade, aquecimento e hidrogênio. Os autores realizaram uma análise termodinâmica detalhada, desenvolvida com alta precisão para o sistema de três gerações, validando o modelo utilizando dados experimentais das literaturas consultadas. Os autores discutem os resultados da modalagem termodinâmica apresentando várias perspectivas. Inicialmente é colocado que a taxa do fluxo de massa do geofluido é um dos parâmetros do projeto neste estudo, e como variável, é vista como tendo um efeito mínimo na eficiência energética de cogeração considerando as três formas de gerações no sistema, contudo aumenta a eficiência exergética delas e ao aumentar essa taxa de fluxo, a produção de energia líquida aumenta. Isso foi visto pelos autores como uma interferência não significativa na eficiência energética, porém, devido à natureza da energia elétrica, a eficiência exergética seria aumentada (AKRAMI, et al., 2017b). Os autores enfatizam que a amplificação da pressão pode reduzir a eficiência energética, reafirmando a colocação dos autores do estudo 2 que analisaram o efeito do aumento da pessão no ciclo Kalina (YUKSEL; OZTURK; DINCER, 2018), e demonstram que qualquer aumento na pressão de entrada da turbina pode reduzir a entalpia na entrada da turbina, ao mesmo que outros parâmetros permanecem inalterados. É trazida também a informação que, nessa modelagem, a tentativa de reduzir a entalpia e aumentar o fluxo de massa de vapor de água decorrente do fluxo da fonte geotérmica pode provoca uma diminuição na eficiência energética (AKRAMI, et al., 2017b). O útimo parâmetro analisado pelos autores foi o aumento na temperatura de entrada na turbina, que resultou no aumento da eficiência energética e na diminuição da eficiência exergética tanto para o sistema triplo como para o sistema global. A razão do declínio na tendência de eficiência exergética é que, apesar do aumento no potencial de energia, haverá uma diminuição na produção de energia devido à redução do fluxo de massa de fluido de trabalho (AKRAMI, et al., 2017b). Assim concluiram que o aumento do fluxo de geofluidos tem um efeito positivo significativo no aquecimento e na geração de energia elétrica e na eficiência exergética, mas tem um efeito leve sobre a eficiência energética do sistema

proposto. O aumento na produção de energia elétrica proporciona maior produção de hidrogênio (a cada 10,4 kW de energia elétrica na unidade de eletrólise, o hidrogênio puro será produzido a uma taxa de 0,2 kg/h). Um aumento na temperatura de entrada da turbina ORC aumenta a eficiência energética do sistema, enquanto um aumento nesta temperatura reduz a eficiência exergética (AKRAMI, et al., 2017b).

O estudo 5 de Yilmaz (2017) apresenta além de uma análise termodinâmica comparativa entre os ciclos Rankine e Kalina comparativo, sugestões de otimização desses dois sistemas que possuem diferentes unidades geradoras de energia. Com o objetivo de avaliar tais sistemas o autor utilizou modelos termodinâmicos são desenvolvidos e um estudo paramétrico de eficiência baseado na segunda lei da eficiência energética. Uma modelagem de destruição exergética também foi conduzida para identificar as principais fontes de irreversibilidades dentro dos componentes dos sistemas considerados.

Uma análise termodinâmica abrangente e de otimização energia geotérmica de baixo grau resultou em dados comparativos e de otimização, baseada na segunda lei da eficiência, entre os dois ciclos analisados. Tais resultados consideraram condições ótimas de funcionamento dos sistemas geradores de energia.

O autor encontrou indícios baseados na lei da eficiência energética que o ciclo Kalina apresentou maior nível de eficiência em relação ao ciclo Rankine, com eficiências máximas de 50,36% e 46,51%, respectivamente, a uma temperatura de 120°C. Dessa forma o ciclo Kalina foi considerado mais eficiente para produção de energia quando apresentou 12,2% a mais de capacidade para essa produção quando comparado ao ciclo Rankine, ambos em condições ótimas (YILMAZ, 2017).

O estudo 6, de Yilmaz e Kanoglu (2014) apresentou um projeto de configuração de um sistema desenvolvido para produção de hidrogênio a partir de um sistema termodinâmico com fonte de energia geotérmica acionada por eletrólise da água. Os autores consideraram uma fonte geotérmica a 160°C disponível a uma taxa de 100 kg/s, operando em condições reais. A usina geotérmica binária produziu uma potência elétrica de 3810 kW que foi utilizada como entrada de energia para o eletrolisador, permitindo que o hidrogênio fosse produzido a uma taxa de 0,0340 kg/s. Assim, mostrou uma eficiência 30% maior que uma usina à mesma potência elétrica, com parâmetros determinados, à temperatura de 70°C. Os autores justificam que a água entra no eletrolisador a uma temperatura mais alta por meio do pré-aquecimento da água geotérmica residual da usina e a temperatura dos recursos geotérmicos afeta diretamente a energia produzida pela usina e a taxa de produção de hidrogênio, e parece diminuir o consumo de eletricidade no processo de eletrólise. É apresentado no estudo que a potência líquida pode

aumentar de 3810 kW a 160°C para 5575 kW a 180 °C, por exemplo. As eficiências de energia e de exergia aumentaram à medida que a temperatura da água geotérmica aumentou, considerando que a demanda por energia diminuiu. Contudo, esse aumento de temperatura de operação da eletrólise afeta tensões de entalpia e eletrólise, esta que reduz o potencial elétrico. A água de eletrólise pôde ser pré-aquecida a 80°C pela água geotérmica a fim de aumentar a eficiência do sistema e do hidrogênio ser produzido a uma taxa de 0,0340 kg/s. Sendo a produção de produção de hidrogênio proporcional à temperatura do recurso geotérmico. Assim, o sistema apresentado ofereceu uma opção viável para produção de hidrogênio movida a energia renovável, segundo os autores.

As eficiências, energética e exergética, da usina geotérmica binária análisada foram estabelecidas no estudo como de 11,4% e 45,1%, respectivamente, assim como as correspondentes para os sistemas de eletrólise que foram de 64,0% e 61,6%, respectivamente, e os do sistema global de 6,7% e 23,8%, respectivamente (YILMAZ; KANOGLU, 2014).

No estudo 7, uma planta de usina de energia híbrida solar-geotérmica foi examinada com base em Ciclos Orgânicos de Rankine subcríticos e supercríticos, para qual simulações e modelagens foram realizadas utilizando o pacote de simulação de processo, Aspen HYSYS, ferramenta abrangente de simulação em engenharia direcionada para otimização de projeto e operação de processos por meio da modelagem de estados estável e dinâmico. Análises de energia e exergia da planta híbrida foram realizadas com base na primeira e na segunda lei da termodinâmica, enquanto a análise econômica foi realizada usando a abordagem do custo nivelado da eletricidade (ZOUH, 2014).

A ênfase do autor foi dada ao estudo da hibridização do sistema de energia solar e geotérmica em um ciclo orgânico de Rankine supercrítico, e os desempenhos da planta híbrida foram então avaliados através de análise técnica, análise econômica e a figura de análise de mérito. A análise técnica mostrou que termodinamicamente uma planta híbrida com um ciclo Rankine supercrítico apresenta uma eficiência superior à mesma planta com um ciclo Rankine subcrítico quando a condição de entrada de exergia solar fosse > 66%, com um aumento na produção de energia de 4 a 17% utilizando os mesmos recursos de energia (ZOUH, 2014). As análises mostraram ainda que o aumento dessa porcentagem de entrada de exergia solar pode alcançar cerca de 27 a 34% para planta híbrida supercrítica, e de 21 a 32% na planta híbrida subcrítica. A análise de mérito mostrou que as plantas híbridas, de ciclo Rankine subcrítico e ciclo Rankine supercritico produzem 15% e 19%, respectivamente, nas condições de taxas de exergia solar >79% e >74%, também respectivamente, a mais de energia em relação às mesmas plantas autônomas. O autor realizou também uma análise econômica, apresentando que um sistema de

energia solar de entrada para o cenário supercrítico seria mais econômico de 1,5 a 3,3% em relação comparativa ao do cenário subcrítico, apresentando assim uma análise custo-efetividade e definindo o sistema híbrido de energia solar e geotérmica como ciclo de Rankine supercrítico como mais viável e eficiente em um investimento de recursos (ZOUH, 2014).

O estudo 8 um sistema energético de múltiplas gerações baseado na geotérmica, incluindo o ciclo Rankine orgânico, aquecedor de água doméstico, ciclo de refrigeração de absorção e electrólise por membrana de permuta foi desenvolvido para gerar eletricidade, aquecimento, resfriamento e hidrogênio, e análises energética e exergética foram realizadas sobre o mesmo. Efeitos de variáveis também foram comentados no estudo de Akrami et al. (2017a).

Os principais resultados encontrados no estudo de análises energéticas e exergéticas foram explanadas para um sistema integrado baseado em energia geotérmica e a influência de parâmetros vitais do projeto foram examinados nas variáveis como eficiências de energia e exergia de todo o sistema, produção de energia elétrica líquida e produção de hidrogênio. Os resultados da análise exergética mostraram que os focos de mais expressivas destruições exergéticas ocorrem no evaporador e na turbina, respectivamente, esta proporcionalmente ao aumento de temperatura e, consequentemente, da pressão, reduzindo a entalpia do sistema, insinuando a necessidade de atenção deve ser dada a novos projetos desses componentes, visando a evitar as principais irreversibilidades que refletem na eficiência geral do sistema. Para as determinadas condições termodinâmicas adotadas no estudo e uma temperatura de 200°C para a água geotérmica, a produção de energia elétrica líquida e a taxa de produção de hidrogênio são de 952,3 kW e 0,052 g/s, respectivamente. As eficiências, energética e exergética, de todo o sistema foram determinadas como 34,98% e 49,17%, respectivamente. Os autores realizaram ainda análises econômicas do sistema e seus componentes (AKRAMI et al. 2017a).

O estudo 9 foi publicado no ano de 2018 e os autores realizaram a investigação de um sistema combinado de resfriamento e energia impulsionado por energia geotérmica para produções de gelo e de hidrogênio. A combinação do ciclo geotérmico flash, do ciclo Kalina, do ciclo água-amônia de refrigeração e absorção e do eletrolisador compôs o sistema estudado. Modelos matemáticos e alguns parâmetros-chave foram analisados para determinar o seu desempenho exergético do sistema. Uma análise de destruição exergética para todos os componentes foi realizada para descobrir o grau e a localização de ineficiência exergética (CAO et al. 2018). Como já comentado em estudos aqui já descritos, o estudo de Cao et al. (2018) reafirma a ocorrência do fenômeno de redução da eficiência exergética proporcional à diferença de temperatura em refrigeradores e ao aumento de pressão de retorno da turbina a vapor e a pressão

de retorno da turbina de amônia-água. Os resultados mostraram que a eficiência exergética atinge 23,59% a 150°C, 25,06% a 160°C e 26,25% a 170°C, apresentando assim um aumento dessa eficiência proporcional ao aumento da temperatura da água geotérmica.

O estudo 10 analisou a viabilidade de utilização de geradores termoelétricos para utilizar o calor residual de um ciclo Kalina e aumentar a eficiência de um sistema termodinâmico baseado em uma fonte de energia geotérmica. Os resultados foram quantificados e comparados entre a modelagem do desempenho do sistema proposto e o modelo convencional de um ciclo Kalina, e estimaram um aumento de 7,3% para potência de saída líquida e eficiências de energia e exergia (SADAGHIANI et al. 2018).

A nova usina de geração de energia proposta pelos autores era acionada por água quente geotérmica à temperatura de 163°C e utilizou o gás natural líquido para recuperar a energia dentro dessa fonte de energia, que possuia dois ciclos Rankine orgânicos e um ciclo Kalina. Análises, baseadas na primeira lei da termodinâmica, de energia, exergia e sensibilidade foram realizadas a fim de estimar seu desempenho. Após modelagem e análises, os autores relatam em seus principais resultados em relação à eficiência e à efetividade que a eficiência exergética do ciclo de Kalina aumentou consideravelmente, refletindo no aumento da sua eficiência energética de 7,224% para 25,90%; a eficiência exergética do primeiro ciclo orgânico de Rankine foi calculada em 20,73%, sendo capaz de recuperar aproximadamente 20% da exergia dissipada do condensador do ciclo de Kalina e da exergia capturada do fluxo de gás natural líquido; a eficiência exergética do segundo ciclo orgânico de Rankine foi estimada em 15,06%, refletindo principalmente sua capacidade de recuperar as energias de baixa qualidade (SADAGHIANI et al. 2018).

A análise de energia mostrou que a planta proposta goza de 13,25% e 26,13% de eficiência energética e de eficiência exergética, respectivamente, demonstrando a importância imperativa de processos para recuperação da energia de baixa qualidade da água geotérmica e energia captada em fluxos de gás natural líquido. Modificações feitas na planta aumentaram a eficácia do sistema e ocasionou aumento da eficiência exergética para 32,15%. A eficiência de recuperação a frio também foi introduzida e calculada, mostrando que 57% da exergia destruída no fluxo de gás natural líquido é recuperado pelo processo proposto, valor que revela que mais de metade da energia fria retida no fluxo de gás natural líquido é recuperada e convertida na energia útil pelo processo. Além disso, os autores também realizaram uma avaliação econômica dessa integração de geradores termoelétricos com o ciclo Kalina determinando o sistema proposto como rentável (SADAGHIANI et al. 2018).

O estudo 11 analisou a utilização da energia geotérmica para a liquefação de gás nas três possíveis situações seguintes: utilização da saída do trabalho geotérmico como entrada para um ciclo de liquefação (1); utilização de energia geotérmica em um processo de refrigeração por absorção para pré-lubrificar o gás antes do mesmo ser liquefeito em um ciclo (2); e utilizando de parte da energia geotérmica para refrigeração por absorção para pré-armazenar o gás e parte da energia geotérmica para produzir trabalho com o objetivo de colocá-lo em utilização em um ciclo de liquefação - fenômeno de cogeração. Os autores detectaram que quando as irreversibilidades são consideradas, o resfriamento por absorção geotérmica para pré-resfriamento do gás produz economias significativas na necessidade de trabalho para a liquefação de gás e é vantajoso em relação ao uso do trabalho geotérmico no ciclo de liquefação, tornando o sistema mais efetivo, eficiente e sustentável (KANOGLU; DINCER; CENGEL, 2008). O gás resfriado foi o nitrogênio que ao entrar no liquidificador reversível a -20ºC (por meio de seu resfriamento em um sistema de refrigeração por absorção) ao invés de a 25ºC, o trabalho necessário por unidade de massa de liquefação diminuiu de 762 kJ para 758 kJ, com uma diminuição de 4 kJ e a redução correspondente na análise irreversível foi de 7459 kJ ou 58%. Quando o gás foi pré-resfriado a -45ºC, o trabalho de liquefação diminuiu cerca de 75%, ficando claro o sentido termodinâmico do uso de energia geotérmica para resfriamento por absorção em vez de usá-lo apenas para geração de energia sustentável (KANOGLU; DINCER; CENGEL, 2008).

Para recursos geotérmicos de alta temperatura (>175°C), os autores indicaram a utilização do recurso para ser usado na geração combinada de energia e resfriamento por absorção. Como proposta a utilização da extremidade de alta temperatura da energia geotérmica para geração de energia e a baixa temperatura final para o resfriamento por absorção, apresentando uma melhor abordagem termodinâmica para minimizar a geração de entropia. Para recursos geotérmicos de temperatura relativamente baixa (< 175°C), parece poder ser utilizado de uma melhor forma como entrada de energia para um sistema de refrigeração por absorção sustentável (KANOGLU; DINCER; CENGEL, 2008).

A tabela 1.1 traz a síntese dos dados relatados pelos autores dos estudos desta revisão.

	Autores/Ano	Técnica(s)	Principais resultados relatados pelos autores
Estudo 1	KANOGLU; YILMAZ; ABUSOGLU (2016)	Ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água; Ciclo de Claude; Sistema Integrado.	COP: 0,556 Ψ: 67,0% COP: 0,0120 Ψ: 67,3% Efetividade: 25,4% de economia na necessidade de trabalho. COP: 0,162 Ψ: 67,9%
Estudo 2	YUKSEL; OZTURK; DINCER (2018)	Subsistema geotérmico; Geração de energia e produção de hidrogênio; Ciclo Kalina; Sistema integrado.	↑ da T de referência: 130 °C → 200 °C: Produção de E: 2000 kW → 9000 kW; Produção de hidrogênio: 0,015 kg/s → 0,06 kg/s. ↑p ↓η Produção de E: 4800 kW →3700 kW; Produção de hidrogênio: 0,034 kg/s → 0,026 kg/s. Ψ: 48,24%
Estudo 3	HE; YANG; HAN (2018)	Ciclo Orgânico Rankine; Sistema integrado.	Potência máxima: 157,0 kW à T 102,15 °C (considerando a margem de segurança para a turbina e qualidade do vapor descarregado deve-se garantir T ↓ 112,15 °C); Entropia: ↓η 40,4% η máxima: 43,98% a 105,15 °C.
Estudo 4	AKRAMI, et al. (2017b)	Sistema integrado.	Fonte geotérmica a 180°C: η: 26,14% Ψ: 44,45%
Estudo 5	YILMAZ (2017)	Ciclo Orgânico Rankine; Ciclo Kalina;	Fonte geotérmica a 120°C: η: 50,36% η: 46,51% Produção de E: ↑ 12,2%
	Autores/Ano	Técnica(s)	Principais resultados relatados pelos autores
Estudo 6	YILMAZ; KANOGLU (2014)	Usina geotérmica binária; Sistemas de eletrólise; Sistema integrado.	A 160°C η: 11,4% Ψ: 45,1% A 80°C η: 64% Ψ: 61,6% η: 6,7% Ψ: 23,8%

Estudo 7	ZOUH (2014)	Planta Hibrida - Ciclo Orgânico Rankine Planta Híbrida - Ciclo Orgânico Rankine Supercrítico	Entrada de exergia solar >66% Ψ: 23 a 32% Produção de eletricidade anual ↑15% (para fração de exergia solar >79%) Ψ: 27 a 34% Produção de eletricidade anual ↑19% (para fração de exergia solar >74%)
Estudo 8	AKRAMI et al. (2017a)	Sistema Integrado	T da água geotérmica: 200°C Produção de E elétrica líquida: 952,3 kW Taxa de produção de hidrogênio: 0,052 g/s η: 34,98% Ψ: 49,17%
Estudo 9	Cao et al. (2018)	Sistema integrado	Ψ / T da água geotérmica Ψ: 23,59% a 150°C Ψ: 25,06% a 160°C Ψ: 26,25% a 170°C Destruição exergética na turbina a vapor e na turbina de amônia-água: 15,99% Destruição exergética nos regeneradores de calor: 14,72%
Estudo 10	SADAGHIANI et al. (2018)	Ciclo Kalina Ciclo Orgânico de Rankine 1 Ciclo Orgânico de Rankine 2 Sistema integrado	Água geotérmica a 163°C η: 7,224% - ↑25,90% Ψ: ↑ 20,73% Recuperação de exergia dissipada do condensador do ciclo Kalina: 20% Ψ: ↑ 15,06% Recuperação de exergia dissipada do condensador do ciclo Kalina: η: 13,25% Ψ: 26,13% Eficiência de Recuperação a frio da planta: ~57% Saída de energia líquida: 13.468MW
Estudo 11	KANOGLU; DINCER; CENGEL (2008)	Pré-lubrificação de Gás Nitrogênio Fenômeno de cogeração	T= -20◦C → W ↓ em 58% Recurso geotérmico líquido > 165◦C T= -45◦C → W ↓ em 75% Recurso geotérmico líquido < 165◦C

Tabela 1.1 Síntese dos dados relatados pelos autores em seus respectivos estudos, que fazem parte dessa revisão, com ênfase para técnicas utilizadas e principais resultados que refletem as eficiências e efetividades dos sistemas geotérmicos analisados entre os anos de 2008 e 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa visou à busca de informações acerca de formas de utilização de sistemas geotérmicos para a obtenção de energia assim como sobre dados referentes à eficiência desses sistemas termodinâmicos relatados por autores nos últimos 10 anos. Dessa forma, a evolução de níveis de eficiência, efetividade e sustentabilidade e uma classificação de vantagens e benefícios e desvantagens e riscos desse sistema pôde ser compilada e apresentada como norte sobre o seu estado da técnica nesse estudo.

Os estudos aqui apresentados visaram despertar o interesse por uma nova linha de pesquisa, buscando meios para otimização e viabilização dessa fonte renovável de energia. A necessidade latente de desenvolvimento dessas novas tecnologias, e/ou aperfeiçoamento das atuais, com vistas ao aumento da eficiência e redução de custos para a geração de energia limpa, renovável e acessível; permite que os sistemas de geração com matriz geotérmica tenham um papel cada vez mais relevante neste contexto. Diante do que foi exposto, verifica-se que países que possuem fontes de média entalpia (80 ºC a 150 ºC) a alta entalpia (acima de 150 ºC), tem se destacado quanto ao avanço na exploração deste recurso, sendo estes os que melhor apresentam indicadores de redução de emissão de CO2 na atmosfera.

O investimento crescente em usinas geotérmicas e em pesquisas voltadas para uso de ciclos térmicos mais eficientes como o Ciclo Kalina (KC) ou o Ciclo Rankyne Orgânico (ORC); ou sistemas híbridos que aglutinam captação solar, biomassa e geotermia como fontes de calor para o sistema, apresentados nas pesquisas aqui referencidas, mostram que ainda há muito o que avançar para tornar o uso de fontes geotermais como fonte de energia mais usual e acessível. Dados internacionais da IEA (figura 01) mostram que a projeção para as próxmas décadas para o aumento do usos de energias renováveis em especial o sistema geotérmico, ainda apresenta um dos menores crescimentos percentuais. na geração de energia elétrica, apesar de seu uso para outros fins, como calefação residencial, uso industrial, banhos termais, adropecuária dentre outros, ser mais comum e mais presente.

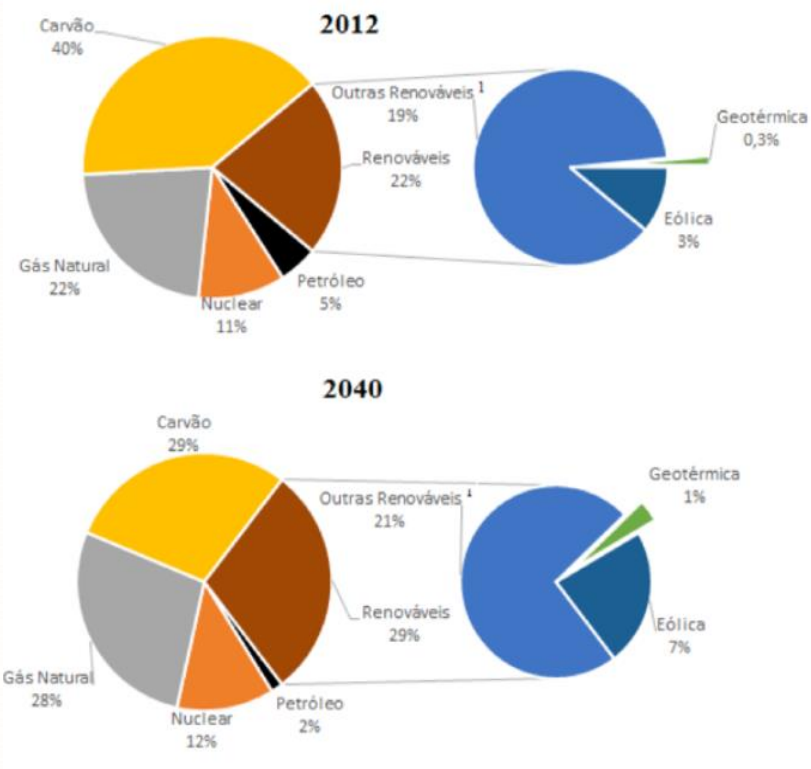


Figura 01: Geração líquida de eletricidade por fonte (2012-2040)
Fonte: CAMPOS (2017) Espacios magazine, Vol. 38 (Nº 01),

Vantagens e Benefícios:

A energia geotérmica, é considerada uma energia limpa por ser uma fonte sem emissão de poluentes nocivos, além de apresentar capacidade de operar continuamente, sem estar sujeita às condições meteorológicas, ao contrário da energia solar e eólica, por exemplo, que demandam condições climáticas favoráveis para a geração de energia. Além desses benefícios, cabe destacar a vantagem de reutilizar o fluido extraído, reinjetando-o na crosta terrestre, o que torna o recurso geotermal uma fonte renovável de energia. Além disso, a inserção da energia geotérmica na matriz energética reduz custos com a exploração e utilização de outras fontes, como o carvão mineral e o petróleo, por exemplo, e contribui para a sustentabilidade. Segundo CAMPOS (2017) em se tratando dos aspectos econômicos, o preço atual da energia vendida pelas usinas de energia geotérmica, varia entre USD 0,03 a USD 0,05 por kWh gerado, enquanto a o preço ofertado pelas usinas hidrelétricas gira em torno de USD 0,12 (PESQUISA UNIFICADA, 2015). Ainda segundo o mesmo autor, estima-se, por outro lado, que o custo inicial para instalação de uma usina seja entre USD 3000 a USD 5000 por kW instalado (para uma usina pequena <1MW). No entanto, o alto custo aplicado para a instalação da usina geotérmica é compensado pelos baixos custos de produção e pelo lucro obtido na concessão de energia elétrica (PESQUISA UNIFICADA, 2015).

Outro fator importante refere-se ao aproveitamento da capacidade da usina geotérmica, capaz de produzir em até 98% de sua capacidade instalada.

Desvantagens e Riscos:

Ademais, o recurso geotermal também apresenta algumas desvantagens, entre elas destacam-se as condições de operações (as usinas só podem ser construídas em zonas geológicas propícias, presentes em menos de 10% do planeta), o custo inicial elevado para perfuração do poço, estudo e implantação da usina, a poluição sonora (na fase de implantação da usina), dentre outros. Os principais impactos ambientais resultantes do trabalho com a energia geotérmica são a liberação, mesmo que em pequenas quantidades, de gases dissolvidos na atmosfera, como o H2S (sulfeto de hidrogênio), por exemplo, o aluimento da terra, o ruído (poluição sonora), além do aumento da temperatura no entorno onde está instalada a usina, ocasionada pela liberação de vapores na atmosfera. Apesar da liberação de gases dissolvidos na atmosfera ser insignificante – os gases são liberados na fase de perfuração do poço, durante um tempo entre 20 e 30 minutos, quando a perfuratriz atinge a profundidade adequada para extração do fluido e vapor. Em relação ao aluimento da terra, a reinjeção do fluido na crosta é a principal forma de prevenção desse fenômeno, que pode ocasionar um afundamento da terra, onde o fluido é extraído, entre 30 e 40cm por ano. Apesar dos impactos ambientais negativos, é importante destacar que para a implementação de uma usina não é necessário desmatamento e desvio do curso de rios. Além disso, não há riscos associados a contaminação por vazamento de qualquer tipo de compostos (a usina opera basicamente com o aproveitamento dos recursos geotermais), assim como não há poluição atmosférica, uma vez que o vapor liberado para a atmosfera é composto de água.

Os estudos, analisados segundo a quantidade de publicações no tempo; apresentaram um maior número a partir de 2016 e intensificaram-se em 2018 de forma expressiva. O único estudo do ano de 2008 previa a necessidade de análises de custo-efetividade associadas aos estudos de eficiência de sistemas termodinâmicos utilizando fontes geotérmicas, entretanto, tal fenômeno tornou-se mais evidente efetivamente a partir de 2014 segundo a amostra de revisões que compuseram este estudo.

Os estudos mostram cada vez mais a utilização de modelagens, estudos de viabilidade e análises de custo-efetividade para justificar o investimento de técnicas para captura e utilização de energia de fontes geotérmicas de média e baixa potência, seja para aumento de eficiência do sistema a partir de revisão de seus componentes e ciclos, seja a partir de integração

com outros sistemas, principalmente de fontes de energia sustentáveis para aumentar eficiências energéticas e exergéticas em sistemas termodinâmicos para geração de energia.

Objetivo do estudo pôde elucidar o estado da técnica e provavelmente reunir dados que poderão direcionar interessados sobre os sistemas que têm se mostrado mais eficientes e o conhecimento sobre os riscos e desvantagens de sistemas menos eficientes, podendo contribuir para o discernimento de pesquisas que foquem em soluções para atuais desvantagens e mitigação de riscos, e em investimento em aumento de eficiência e efetividade de sistemas que apresentam benefícios e progressos que podem ser melhorados atualmente.

A elevação da temperatura pode aumentar a eficiência exergética e a eficiência energética de sistemas, principalmente integrados, que utilizam fontes geotérmicas de forma proporcional, e os estudos analisados, em sua maioria, demonstraram tal afirmação utilizando princípios das leis da termodinâmica, modelagem matemática e validação de dados.

Os estudos mais recentes (2017-2018) apresentam além de avaliação de eficiência e efetividade; a sustentabilidade e análise econômica, como sendo fatores positivos da implementação do sistema, aumentando a abrangência de seu uso para suprir necessidades industriais e de mercado, o que influencia a disseminação do conhecimento e inclusão estratégica do público interessado em alta tecnologia.

A utilização de energia geotérmica associado a outro tipo de fonte de energia, principalmente as renováveis, apresenta um caminho para sustentabilidade de sistemas, assim como a redução de emissão de gases poluentes no ambiente e do efeito estufa.

REFERÊNCIAS

AKRAMI, E. et al. Energetic and exergoeconomic assessment of a multi-generation energy system based on indirect use of geothermal energy. Energy. v.124, p. 625-639, 2017a.

AKRAMI, E. et al. Energy and exergy evaluation of a tri-generation system driven by the geothermal energy. Journal of Mechanical Science and Technology. v. 31, n.1, p. 401-408, 2017b.

CAMPOS, Adriana Fiorotti. A panorama of the geothermal energy in Brazil and the World: Environmental and economic aspects. Espacios magazine, Vol. 38 (Nº 01), 2017. p. 8.

CAO, L. et al. Exergy analysis and optimization of a combined cooling and power system driven by geothermal energy for ice-making and hydrogen production. Energy Conversion and Management. v.174, p. 886-896, 2018.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5ªed. São Paulo: Atlas, 2010.

HE, W.F.; YANG, H.X.; HAN, D. Thermodynamic analysis of a power and water combined system with geothermal energy utilization. Geothermics. v. 76, p. 106-115, 2018.

HO, T. Advanced Organic Vapor Cycles for Improving Thermal Conversion Efficiency in Renewable Energy Systems, University of California, Berkeley, 2012.

KANOGLU, M.; DINCER, I.; CENGEL, Y. A. Investigation of Geothermal Energy Use in Gas Liquefaction. Heat Transfer Engineering. Taylor and Francis Group, LLC. v.29, n.10, p.885–892, 2008.

KANOGLU, M.; YILMAZ*, C.; ABUSOGLU, A. Geothermal energy use in absorption precooling for Claude hydrogen liquefaction cycle. International Journal of Hydrogen Energy. v.41, p. 11185-11200, 2016.

SADAGHIANI, M. S. et al. Process development and thermodynamic analysis of a novel power generation plant driven by geothermal energy with liquefied natural gas as its heat sink. Applied Thermal Engineering. v.133, p.645–658, 2018.

VEGARA, S. C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 12ªed. São Paulo: Atlas, 2013.

SINGHAL, S. B. B.; GUPTA, P. R. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. 2 ed. New York: Springer Dordrecht Heidelberg, 2010.

YILMAZ, C. Thermoeconomic modeling and optimization of a hydrogenproduction system using geothermal energy. Geothermics. v. 65, p.32-43, 2017.

YILMAZ, C.; KANOGLU, M. Thermodynamic evaluation of geothermal energy powered hydrogen production by PEM water electrolysis. Energy. v. 69, p.592-602, 2014.

YUKSEL, Y. E.; OZTURK, M.; DINCER, I. Thermodynamic analysis and assessment of a novel integrated geothermal energy-based system for hydrogen production and storage. International Journal of Hydrogen Energy. v.43, p.4233-4243, 2018.

ZARE, V. A comparative thermodynamic analysis of two tri-generation systems utilizing low-grade geothermal energy. Energy Conversion and Management. v.118, p.264–274, 2016.

ZHOU, C. Hybridisation of solar and geothermal energy in both subcritical and supercritical Organic Rankine Cycles. Energy Conversion and Management. v.81, p.72-82, 2014.

ENCONTRO ENTRE O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

COSTA, Ana Gabriela Cavalcante Pereira Santos [1]

RESUMO

Dada a complexidade do processo de aprendizagem é preciso ensinar aos estudantes para além dos conteúdos em si, desenvolver autonomia e tomada de decisão para compreender os porquês e como de se estudar e fazer ciências. Para isso, o ensino por investigação entra neste estudo como estratégia metodológica para desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Dado o potencial ativo, diversificado e construtivista desta metodologia, busca-se relações eminentes com a teoria cognitivista da Aprendizagem Significativa. Tal relação não foi tão explorada, tampouco quando se restringe à sua vertente, Sequência de Ensino Investigativa. Por isso, esta pesquisa busca analisar a relação entre a Sequência de Ensino Investigativa e a Aprendizagem Significativa para a construção do conhecimento científico. Como resultado, percebe-se o ensino por investigação como um artefato cultural imprescindível para a educação e necessita de rigoroso planejamento fundamentado, que se embasa nas construções de teóricos cognitivistas construtivistas.

Palavras-chave: Construtivismo; Aprendizagem; Ensino de Ciências.

INTRODUÇÃO

Ao compreender que a efetivação da aprendizagem é o desafio mais importante para a educação e para tanto depende da qualidade de ensino, foi necessário um encontro com a teoria da aprendizagem que favorece estes processos, a teoria cognitivismo construtivista. Esta, considera a cognição e suas construções a partir do mundo em que o sujeito se insere, obtendo consequente desenvolvimento humano perante a aprendizagem.

Esta, embasa a metodologia proposta neste projeto de pesquisa, a qual é o ensino de ciências por investigação, a partir de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), ao esclarecer o funcionamento do aprendizado quanto à cognição e metacognição. Diante disto, este trabalho parte da seguinte **problemática:** quais as relações entre Ensino por Investigação e a Aprendizagem Significativa?

A propósito, os estudos do grupo LaPEF (Laboratório de Pesquisa e Ensino em Física) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, apontam relações evidentes entre a o ensino por investigação, a alfabetização científica e a argumentação nas aulas de ciências, a partir do que tem sido pesquisado por muitos autores (SASSERON, 2015). Tais relações que

[1] Mestranda em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, gabicavalcantebio@gmail.com;

demonstram a relevância do ensino por investigação, prevê realização de alguns dos objetivos educacionais previstos na BNCC, representa uma potencialidade para o desenvolvimento cognitivo do aprendiz, e, pois, para a concretização da teoria de Ausubel e Novak, Aprendizagem Significativa (AS), que, conforme Moreira (2006), possibilita diferenciação e aquisição de novos conceitos que ocorrem por assimilação.

A partir disso, esta pesquisa observa o desenvolvimento da aprendizagem na perspectiva ausubeliana (como costuma ser referida a AS), a qual tem como pressuposto que "a essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe" (AUSUBEL, 1978, p. 41). Inclusive, é reconhecido que as crianças antes de entrar na escola têm alto potencial em aprender significativamente, principalmente por descoberta, entretanto as provas e outros processos escolares comuns dão ênfase a memorização, o que culmina em aprendizagem predominantemente mecânica, considerada por Ausubel inversa à AS (NOVAK, 2002).

Devido a necessidade em continuar esta capacidade das crianças, em aprender significativamente, a serem curiosas e críticas, esta proposta busca integrar o contexto social, histórico e científico, para que os estudantes possam ver a capacidade e necessidade de investigações. Ao mesmo tempo em que se levanta muita questão para compreensão teórica sobre aprendizagem antes de aplicar determinada metodologia de ensino, já que um dos desafios a ser superado é encarar a biologia como conteúdo fixo, pronto e acabado, conforme traz Motokane (2015).

Por isso, busca-se inovação quanto a metodologia de ensino que vá além de formas expositivas, algo que promova um desenvolvimento cognitivo capaz de desempenhar com qualidade de aprendizagem. Por sua vez, as metodologias alternativas surgem como complemento das ações cotidianas do professor, que provocam mudanças significativas também na prática docente e parecem promover aprendizagem de forma mais efetiva (YAMAZAKI e YAMAZAKI, 2006).

As reflexões sobre a prática de ensino levantam uma alerta para o equívoco de acreditar que basta implementar algo novo para seus alunos. Por isso, enfatiza-se a importância da teoria ser investigada na prática, somando o êxito do processo educacional como um todo. Considerando a qualidade do ensino (professor) e a qualidade da aprendizagem (aprendiz), ou seja, a qualidade da aplicação e desenvolvimento da metodologia e os aspetos da teoria da aprendizagem capaz de dar suporte e se fazer compreender à prática.

Logo, esta pesquisa tem como objetivo analisar a relação entre Sequência de Ensino Investigativa (SEI) e a promoção da Aprendizagem Significativa (AS). Uma busca por estimular a capacidade crítico-investigativa sobre fenômenos relacionados com este tema no cotidiano; desenvolver a capacidade argumentativa, alfabetização científica e autonomia intelectual a partir de construtos coletivos e individuais.

METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, em que a coleta e análise dos dados atende à multiplicidade de significados que permeiam o processo (LUDKE; ANDRÉ, 1986). Neste caso, será investigado possíveis relações entre a aprendizagem significativa e ensino de ciências por investigação.

Quanto a natureza da pesquisa, é exploratória, pois possibilita melhor conhecimento sobre o assunto, auxiliando no processo de formulação de hipóteses, aprimoramento da intuição e tornar o problema mais explícito (GIL, 2010). Quanto a coleta de dados é bibliográfica, pois um dos métodos de pesquisa empregados em sua elaboração tem como base material já publicado, baseando-se em artigos científicos, livros e tese de doutorado que trata de tais relações.

O referencial teórico que embasa esta pesquisa, perpassa os autores que descrevem as Teorias da Aprendizagem, para encontrar o caminho pelo qual trilhou o conhecimento que originou a teoria que pretendo utilizar, o Cognitivismo. Para isso foram utilizados principalmente livros sobre teoria de Aprendizagem, tomando Moreira e Lefrançois.

A partir daí, buscou-se entender a influência dos principais teóricos do cognitivismo construtivista e sua influência no ensino por investigação, mais especificamente, na SEI, criada e desenvolvida pelo grupo de pesquisa LaPEF, descrita detalhadamente por Carvalho. Um estudo sobre a AS justificou o motivo pelo qual é uma teoria cognitivista e possibilitou encontrar vestígios de influência na SEI desde a sua construção até a forma como é desenvolvida. Por fim, a AS foi construída por Ausubel e Novak, mas também ganhou complementações do autor Marco Antonio Moreira.

Ademais, as pesquisas que abordam o encontro do ensino por investigação e AS, são muito reduzidos, sendo encontrada apenas uma no *Scholar Google*, que se trata de uma tese de doutorado da Universidade Estadual de São Paulo, e quatro trabalhos no portal CAPES. Fora utilizado em ambos os termos “ensino por investigação” e “Aprendizagem Significativa”,

embora no portal da CAPES tais termos se enquadraram na busca avançada, localizando os termos em qualquer lugar do texto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vasta experiência em avaliações é considerada a causa da habituação dos estudantes em memorizar desde fórmulas, até formas de resolver "problemas típicos". E, por isso, para conquistar a Aprendizagem Significativa, de fato, é importante propiciar questões e problemas de uma maneira inusitada, que possa atingir uma poderosa transformação do conhecimento prévio (MOREIRA, 1999).

A necessidade de problemas para começar a construir o conhecimento é um fato também destacado por Piaget, quando propõe a necessidade de "equilibração", "desequlibração" e "reequilibração" para construção do conhecimento, acrescentando que a organização do ensino deve entender o conhecimento novo como originado a partir de um conhecimento anterior (CARVALHO, 2013).

Desta forma, a busca por um ensino de qualidade que fuja da pedagogia tradicional, descrita por Libaneo (1983) como um ensino bancário que contempla os conteúdos como dogmas, é constante entre os professores e estudantes da educação, e neste trabalho isto é primordial. Contudo, conforme Carvalho e Gil-Perez (2011, p. 39), a "rejeição verbal do 'ensino tradicional' não se traduz em capacidade para apontar de maneira concreta as carências e defeitos mais graves que, pelo contrário, são aceitos acriticamente".

Ao mesmo tempo, as críticas ao ensino tradicional remontam ao aprendiz como figura passiva na sala de aula, o que leva a desconsiderar seus conhecimentos prévios, tangenciando a AS, proposta por Ausubel (GUIMARÃES, 2009). Por isso, além de aprofundar os estudos sobre a teoria cognitiva, mais especificamente a Aprendizagem Significativa (AS), é importante o desenvolvimento de uma metodologia que possa efetivar na prática as suas premissas, a fim de evitar aceitar sem críticas os modelos de ensino ordinários, que ainda costumam ser pouco dialógico e reflexivos. E, pois, acreditar estar inovando, mas permanecer no modelo exclusivamente expositivo.

Desse modo, a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) como metodologia traz uma proposta coerente com o construtivismo cognitivista, bem como aos objetivos deste trabalho, e para tanto, Carvalho (2013) em seu livro sobre a SEI, traz os autores Piaget e Vygotsky para embasar seus pressupostos.

AVANÇOS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Pode até parecer que fora criado a pouco, ainda iniciando seus pressupostos, mas a necessidade de melhorar tanto o ensino quanto a aprendizagem (a mesma que ainda se valida hoje) que motivou o ensino por investigação já existe há muito tempo. Um registro interessante, remete ao professor de química H. R. Armstrong, que em 1891, percebeu a importância de experimentações para aplicação em sala de aula, ou seja, da utilização dos princípios da metodologia científica, para construções do conhecimento científico no ensino de ciências, em complemento ao conteúdo, reconhecendo o valor formativo de seus métodos (FURIÓ, 2001 apud VIEIRA, 2012).

Este professor, possivelmente um professor pesquisador, aquele que se atém para os detalhes de sua sala de aula possibilitando reflexões e aperfeiçoamentos, tal qual menciona Pedro Demo (2007), envolveu seus métodos com suas observações para com o desenvolvimento do estudante em vários aspectos e utilizou de um artefato de ensino que se fez fundamental, logo, pode-se dizer que superou o padrão tradicional e promoveu grande avanço para a Educação, em sua época.

No século XIX, Jonh Dewey prioriza o ensino de ciências baseado em observações e no raciocínio indutivo. Já no século XX, critica o ensino de ciências bancário e pouco reflexivo, que não propicia a compreensão de ciências como método promotor da transformação de pensamento (RODRIGUES; BORGES, 2008). Esta preocupação com a aprendizagem e com o ensino de ciências, como base para o desenvolvimento do pensamento crítico, se tornou crescente, fazendo com que ocorressem mudanças ou aprimoramentos nas metodologias de ensino existentes. Isto provocou um desenvolvimento de Teorias da Aprendizagem mais adequadas aos novos estudos de epistêmicos e psicólogos.

Entre todos os movimentos educacionais envoltos também de interesses políticos que aconteceram, em detrimento ao estruturalismo, surge na Alemanha a Teoria Gestalt, que significa “configuração” ou “todo”, originada ao mesmo tempo em que o Behaviorismo nos Estados Unidos da América, mas apesar disso é oposta às suas sugestões e precede o cognitivismo. Esta teoria acredita na aprendizagem e até mesmo na resolução de problemas complexos por “insight”, ou seja, uma “súbita tomada de consciência” que organiza e relaciona todos os elementos de uma situação problemática. Por isso, esta teoria tem como princípio o fato de que o TODO é mais que apenas a soma de suas partes. Ademais o mundo não é

percebido como elementos isolados, mas como configurações significativas (LEFRANÇOIS, 2008; MOREIRA, 1999).

A partir desta teoria, origina-se o Cognitivismo, que no processo de transição do comportamentalismo, chegou a influenciá-lo de modo que até mesmo os behavioristas traçaram algumas inquietações, ainda que mínimas, sobre a estrutura cognitiva. Quanto ao seu enfoque construtivista à cognição humana, tem como precursor Piaget, que propõe a "equilibração" como princípio básico para explicar o desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 1999).

Portanto, o cognitivismo enfatiza os processos mentais, tais como as eventuais formas de o estudante adquirir e organizar informações. Sob influência de Bruner, esta teoria entende que o aprendiz tem a capacidade de resolver problemas e aprender por descoberta, mesmo frente às "situações discrepantes" (KRASILCHIK, 2008).

A menção de resoluções de problemas e aprendizagem por descoberta, bem como vários aspectos do Cognitivismo, trazem de maneira clara a relação entre o ensino por investigação e a Aprendizagem Significativa, tanto em seu caráter motivador e metodológico quanto a caráter epistêmico e cognitivo, o que será esclarecido mais adiante. Ademais para Bruner (1963) apud Krasilchik (2008, p. 26), "a apresentação e instrução deve ser sequenciada para auxiliar o aluno a compreender, transformar e transferir aquilo que for aprendido".

Apesar de discordar com alguns termos, tais como "instrução" e "transferir", tal frase esclarece uma finalidade prevista em um planejamento organizado e fundamentado teoricamente pelo professor, que deverá deixar claro para o aprendiz seus objetivos, para que assim este possa assimilar e expressar de várias formas o que foi aprendido.

Dois motivos impulsionaram a mudança na forma de mediação de informações, o primeiro fato se deve ao aumento gradativo da produção de conhecimento, impossível de ser ministrado em sua amplitude, e o segundo fato se deve aos trabalhos realizados por psicólogos e epistemólogos, tais como Piaget e Vygostsky e seus seguidores, sobre a forma como se constrói, individualmente ou socialmente, o conhecimento (CARVALHO, 2013). Desse modo, a SEI se coloca dentro do cognitivismo e apresenta estes dois teóricos muito importantes para fundamentar diferentes questões.

Diante disso, apesar de o ensino por investigação ter sido há muito debatido, a SEI surge como metodologia de ensino em um grupo de pesquisa chamado LaPEF para o ensino de Física, desde então têm sido desenvolvidos muitos trabalhos nas salas de aula de São Paulo e influenciado outros lugares, inclusive outras áreas das ciências, as quais têm obtido sucesso. Contudo, ainda existem poucos trabalhos com a SEI na área de Biologia, em contrapartida o

ensino de biologia precisa de inovações dada a quantidade de descobertas e a dificuldade de abstração.

Motokane (2015), afirma que o excesso de conceitos científicos levou a biologia a carregar um estigma de ser uma disciplina exaustiva, de conteúdo pronto e acabado e, por tanto, ser conhecida pela memorização de termos, quando ela tem uma linguagem própria necessária para compreensão de vários.

Na busca por desconstruir tais estigmas e os desafios encontrados, baseando-se na SEI para desenvolver no grupo de pesquisa LINCE (Linguagem e Ensino de Ciências) uma Sequência Didática Investigativa (SDI), tomou como base teórica a alfabetização científica em busca do desenvolvimento da argumentação para o ensino de ecologia. Isto, porque, fora percebido a dificuldade de relacionar as opiniões dos estudantes aos conceitos científicos aprendidos em sala de aula. Como resultado perceberam que "temas científicos geram argumentos e que tais argumentos melhoram sua qualidade em função da mediação do professor" (MOTOKANE, 2015, p.134).

Quanto a SEI, trata-se de uma sequência de aulas que aborda um tópico pré-determinado em que deve ser planejada toda atividade, tanto referente ao material quanto às 'interações didáticas', a fim de promover condições de se mostrarem os "conhecimentos prévios para começar os novos" (p. 9), construírem suas próprias ideias e desenvolver capacidade de discuti-las com seus colegas e professor "passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores." (CARVALHO, 2013, p. 9). As necessidades que impulsionaram a construção da SEI foram: ultrapassar o trabalho com construtos científicos, disseminar a cultura científica e ensinar aos estudantes como construir conhecimento (CARVALHO, 2011).

Sendo a SEI e a SDI, sequências didáticas, têm sido empregadas como instrumentos de planejamento do ensino, assim como objetos de pesquisa, em que proporcionam condições favoráveis para os alunos se apropriarem de ferramentas culturais próprias da comunidade científica (ALMOULOUD; COUTINHO, 2008 apud MOTOKANE, 2015). Somado a isto, as sequências didáticas são consideradas atividades organizadas, ordenadas, estruturadas e articuladas para efetivar determinados objetivos educacionais (ZABALA, 1998).

Conforme Carvalho (2013), uma SEI apresenta algumas atividades-chave: Iniciar, na maioria das vezes com um PROBLEMA (experimental, ou teórico contextualizado) que deve estar dentro da temática e possibilite reflexão e que traga em tona as possíveis variáveis e suas relações perante o 'fenômeno científico', inclui a sua resolução. Apresentar ATIVIDADE DE

SISTEMATIZAÇÃO: nesta etapa os estudantes têm a segunda oportunidade de discutir, comparar o problema que resolveram, a partir de uma leitura que trará mais informações. CONTEXTUALIZAÇÃO: consiste em "sentir a importância da aplicação do conhecimento do ponto de vista social" (p. 9), também pode aprofundar ainda mais o conhecimento. A última etapa é a AVALIAÇÃO, que já foi influenciada pela observação do comportamento e levantamento de habilidades e atitudes de cada estudante ao longo do processo, mas uma última verificará se realmente chegou ao conhecimento científico que se pretendia.

Mais especificamente quanto a um problema experimental, o "gerenciamento da classe e o planejamento das interações didáticas são tão importantes como o planejamento do material didático e a elaboração do problema" (CARVALHO, 2013, p. 11). Sendo, pois, as ações do professor e dos aprendizes delineadas em cada etapa, a sequência a ser desenvolvida deve seguir os parâmetros definidos por Carvalho (2013):

1. "Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor" (CARVALHO, 2013, p. 11): Nesta etapa, a partir de um problema experimental manipulável (ou não, em casos que oferecem riscos o professor deve apenas ilustrar a experimentação) pelos estudantes ou de outro tipo de material (imagem, notícia, texto, etc), a turma deverá ser dividida em equipes de até 5 pessoas. O problema deve ficar claro para todos.
2. "Etapa de resolução do problema pelos alunos" (CARVALHO, 2013, p. 11): Esta será uma etapa manipulativa, para obtenção de dados, utilizar conhecimento prévio para organizar e construir novo conhecimento, levantar hipóteses, testar hipóteses, somar opiniões individuais através de discussão em grupos (aprendizagem social).
3. "Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos" (CARVALHO, 2013, p. 12): Esta é a etapa em que se recolhe o material, desfaz os grupos e organizar a classe para um debate para sistematização coletiva do conhecimento.
4. "Etapa do escrever e desenhar" (CARVALHO, 2013, p. 12): Nesta etapa será o momento de aprendizagem individual.

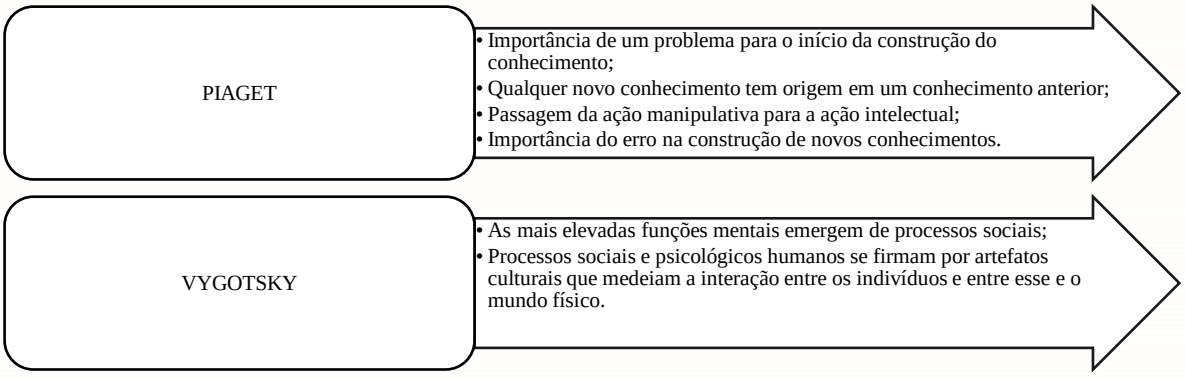
Estas etapas são flexíveis e podem ser acrescidas de outras atividades para auxiliar na sistematização do conhecimento, além de ser permitido utilizar de vários ciclos da SEI para um mesmo conteúdo, que seja mais complexo, sem obrigatoriedade de seguir esta ordem. O problema pode ser planejado de diversas formas, sendo a necessidade primeira provocar reflexão e levantamento de hipóteses para contribuir para o despertar de muitos aspectos

importantes para a o desenvolvimento cognitivo. Quanto a forma de avaliação, deve ser tão flexível, planejada e fundamentada quanto a metodologia de ensino utilizada, visto que não faz sentido utilizar de avaliação exclusivamente típica diante de tantos processos levantados. Então a avaliação deve ser contínua, já a formativa pode ser a construção de mapa mental, mapa conceitual, modelos, simulação, entre outros.

Para Peña et al (2005), os mapas conceituais foram criados por Novak como instrumento de uma projeção prática da teoria ausubeliana, eles assumem vários papeis, tais como resposta prática ao modelo da aprendizagem significativa, como resumo-esquema, ou como meios de negociação. Deste modo, principalmente pelo seu primeiro papel, se torna uma ferramenta de avaliação muito válida para esta pesquisa, por proporcionar acompanhar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes sob perspectiva ausubeliana.

Vale ressaltar que a desmotivação dos estudantes em várias áreas das ciências é preocupante e responsável por parte do fracasso escolar (POZO; CRESPO, 2009). Por isso, é importante desenvolver metodologias em uma perspectiva inovadora, potencialmente motivacionais e com bom embasamento teórico. Ademais, "as inovações didáticas devem estar ligadas a inovações na avaliação, pois uma nova postura metodológica em sala de aula torna-se inconsistente aliada a uma postura tradicional de avaliação" (CARVALHO, 2013, p. 10).

Além disso, os pressupostos teóricos para esta metodologia são advindos dos conhecimentos de dois grandes estudiosos da área da educação para embasar diferentes questões, Carvalho (2013), conforme ilustra a figura abaixo.



TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Dividindo a aprendizagem em três tipos: cognitiva, afetiva e psicomotora, a teoria ausubeliana tem como foco a primeira, que considera existência de um complexo organizador

chamado de estrutura cognitiva, em que as informações são armazenadas e organizadas, ou seja, um conteúdo total de ideias de uma pessoa. Neste caso, a aprendizagem trata-se de um processo de interação de uma informação nova com uma estrutura específica do conhecimento denominada SUBSUNÇOR. Neste, são ancorados os conceitos e proposições relevantes que são organizados e formam uma hierarquia de conceitos (MOREIRA, 1999).

Nem sempre as informações passam por esse processo de ancoração da AS, pois as informações podem ser armazenadas arbitrariamente, é o caso de um conhecimento completamente novo, pelo qual ainda não se tem *subsunçores* para interagir significativamente, a esse processo é dado o nome de Aprendizagem Mecânica (AM). No entanto, a AM pode, com o passar do tempo, interagir com outras informações da estrutura cognitiva através de um processo de assimilação e formar *subsunçores* cada vez mais elaborados, até que comece a ficar significativa. A Aprendizagem Mecânica é, pois, automática, as novas interações são aprendidas com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes da estrutura cognitiva. Por essa razão apesar de ser diferente da AS, não é dicotômica, ela é um *continuum* (MOREIRA, 1999; NOVAK, 2002).

Ademais, a aprendizagem pode ocorrer de duas maneiras distintas: por recepção ou por descoberta. A primeira remete a apresentação de conteúdo pronto e exige um certo nível de maturidade cognitiva que possibilite abstração da informação mesmo sem entender o processo que a originou, enquanto a segunda, é o aprendiz que deve descobrir o conteúdo. (MOREIRA, 1999; MOREIRA 2006). Entretanto, “a essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe” (AUSUBE, 1978, p. 41). No ensino por investigação, principalmente na SEI, é este segundo tipo de aprendizagem que se almeja alcançar.

A aprendizagem por descoberta é constante em crianças em idade pré-escolar, mas ao iniciar a vida de estudante, vai perdendo seu espaço no processo, e volta a predominar em estágio mais avançado de maturidade cognitiva. Todavia, vale ressaltar que tanto a aprendizagem por descoberta quanto por recepção não é obrigatoriamente mecânica nem significativa, pois depende de estabelecer ou não relações com o subsunçor (NOVAK, 2002; MOREIRA, 2006). Entretanto, em idade escolar a criança já tem uma quantidade de conceitos organizados que permite a AS.

A formação de conceitos, ocorre por um processo de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos. Para facilitar a aprendizagem de novos conceitos, Ausubel, desenvolveu, antes da AS, os ORGANIZADORES PRÉVIOS, que servem

para auxiliar a mediação em forma de facilitadores. De certa forma são informações mais amplas e tem maiores possibilidades de se relacionar à estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999).

"A principal função dos organizadores prévios é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara" (AUSUBEL, 1978, p. 171). Isto remete aos conceitos de Vygotsky sobre a "zona de desenvolvimento proximal" que seria o espaço entre o conhecimento consolidado ("nível de desenvolvimento real") - que reporta ao conceito ausubeliano de subsunçor - e a o espaço em que pode ser avaliado pela capacidade de resolver problemas com auxílio de outrem ("nível de desenvolvimento potencial"). Desse modo, entende-se o desenvolvimento potencial como momento de identificar o conhecimento prévio do discente ao longo do processo.

Em sua abordagem sociointeracionista, Vygostsky, valoriza a figura do professor como elaborador de questões e pessoa fundamental para auxílio do desenvolvimento potencial, seguido por metodologias que possibilite interações sociais, por isso a SEI é planejada com atenção para propiciar um momento de construção coletiva. Além disso, caso haja concepções espontâneas ou formação de ideias não aceitas na ciência atualmente, em um outro momento de sistematização serão corrigidas, evitando o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa inadequada (CARVALHO, 2013).

Ausubel, também considera dois fatores imprescindíveis para a construção da Aprendizagem Significativa: A natureza do MATERIAL - como sendo o conteúdo a ser mediado que precisa ser logicamente significativo, relevante dentro do contexto do aprendiz - e do SUBSUNÇOR - que se trata do lado psicológico e pessoal do indivíduo, o qual vai decidir aprender significativamente ou mesmo de forma mecânica. Este último, é, por tanto, idiossincrático e independe do potencial significativo do material (MOREIRA, 2006).

Desse modo, a teoria ausubeliana, ocorre por um processo complexo de assimilação que atinge diferenciação de conceitos, aquisição de novos conceitos, que pode ser representacional (menos complexa, caracteriza significados aos símbolos, como palavras, objeto, evento), conceitual (é representacional, já que atribui significados aos conceitos, que são símbolos) e proposicional (mais complexo, pois trata-se de aprender significados mais amplos de ideias em forma de proposições).

Os novos conceitos dentro da hierarquia de conhecimento podem ter relações subordinada (quando a nova informação depende do subsunçor), superordenada (abrange as ideias subordinadas) ou combinatória (aprendizagem de proposições, é mais complexa). A AS subordinada costuma passar pelo processo de diferenciação progressiva, assim, interage e se

liga a um subsunçor, que também se modifica (MOREIRA, 1999; MOREIRA; 2006; PEÑA, 2005; NOVAK, 2002).

Para Ausubel, após ocorrer a construção da AS, o segundo estágio da assimilação é a ASSIMILAÇÃO OBLITERADORA, quando "as novas informações se tornam espontâneas e progressivamente menos dissociáveis de suas ideias-âncora, até que não estejam mais disponíveis ou sejam individuais". Desse modo, ele também considera o esquecimento como parte da aprendizagem, devido a continuação temporal do mesmo processo de assimilação e modificações do subsunçor. (MOREIRA, 1999).

Além disso, Moreira (1999) descreve o processo instrucional do professor, de acordo com Ausubel em duas formas de influenciar a estrutura cognitiva:

- **Substantivamente:** apresentação de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras.
- **Programaticamente:** emprego de **métodos adequados** de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino.

O mesmo autor ainda destaca quatro tarefas fundamentais do professor:

1. Identificação dos conceitos básicos da matéria de ensino;
2. Identificação de como os subsunçores estão estruturados (AUSUBEL, 1978, p. 189);
3. Diagnosticar aquilo que o discente já sabe;

4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimento, por meio de aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis.

Além disso, o ensino por investigação é, de fato, capaz de promover a Aprendizagem Significativa, desde de que os professores estejam aptos às mudanças. Esta metodologia ativa aproxima as estratégias docentes aos princípios da AS, o que contribui para o desenvolvimento da autonomia e criticidade do aprendiz. Além disso, colocados frente a questionamentos, é possível desprender o conhecimento prévio dos estudantes. Sendo "essas perspectivas importantes para novas pesquisas sobre o ensino por investigação, principalmente quanto a programas de formação e capacitação de professores" (VIEIRA, 2012, p. 130)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de ciências por investigação teve início há muito tempo, desde então vem sendo muito estudado, de modo que surgiram muitas ramificações, sendo a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) uma delas. A SEI tem uma proposta de ensino e aprendizagem condizente com o cognitivismo construtivista, devido à preocupação com a forma como o conhecimento é construído, tanto a nível cognitivo conforme os estudos de Piaget, quanto a nível sociointeracionista de Vygotsky.

Como uma metodologia cognitivista, encontra-se com a Aprendizagem Significativa, a qual fornece um embasamento epistêmico necessário, quando se trata da formação de novas hierarquias de conhecimento. Trazendo, desta forma, questões claras e fundamentais as quais se deve levar em conta na elaboração de uma SEI. Ambas têm potencial em desenvolver competências e habilidades muito importantes nos estudantes.

Ao proporcionar interação entre colegas na tentativa de solucionar um problema dinâmico e contextualizado de diferentes formas, a fim de promover aprendizagem a partir da assimilação, a SEI tem a capacidade de promover a AS nos estudantes tanto pela natureza do material (conteúdo em si) que se torna significativo (por torna-lo flexível, contextualizado e científico, levantando as considerações sobre como fora desenvolvido), quanto pela natureza do subsunçor idiossincrático, por propor métodos motivadores tais como descritos por Piaget de “equilibração, desequilibração e reequilibração” a partir de um problema desafiador.

A proposta do ensino por descoberta, ainda que mais complexa que o ensino por recepção, tem elevado potencial em promover assimilação obliteradora, o segundo estágio de assimilação, do qual se desprende o que foi aprendido de apenas uma situação e passa a aplicar em contextos variados. Entretanto, é percebido a necessidade de um planejamento rigoroso sobre as suas etapas, além de que deve se levar em conta que alguns conteúdos podem ser melhores do que outros para esta abordagem metodológica de ensino.

Logo, a SEI, como metodologia, e a AS, como aporte teórico epistêmico, encontram-se na teoria da aprendizagem cognitivista. As possibilidades de tais relações serem analisadas na prática da sala de aula é eminente e inovadora, também uma recomendação deste trabalho, sendo um passo muito importante para a educação atual, que destaca a necessidade de

desenvolver a capacidade metacognitiva, além da alfabetização científica, desenvolvimento da argumentação e capacidade crítica para que, de fato, novas informações façam sentido.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. In: defence of advance organisers: A reply to my critics. **Review of Educational Research**, 48, 251-257, 1978.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

_____, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. **Formação de Professores de Ciências**. 10ª Ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores associados, 2007.

GIL, A. C**. Como elaborar projetos de pesquisa.** Atlas: São Paulo, 5ª ed., 2010.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, 31(3), 198-202, 2009.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2009.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Cengage, 2008.

LIBANEO, J. C. Tendências pedagógicas na prática escolar. **Revista da Associação Nacional de Educação–ANDE**, v. 3, p. 11-19, 1983.

LUDKE, M.A.; ANDRÉ, M. E. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: E.P.U., 1986.

MINAYO, M. C. de S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In:_____ (Org.) **Pesquisa Social:** teoria, método e criatividade. Petrópolis: Editora Vozes, p. 9-29, 1994.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Revista Chilena de Educação Científica**. 4(2), 38-44, 2006.
_____, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 115-138, 2015.

NOVAK, Joseph D. Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science education**, v. 86, n. 4, p. 548-571, 2002.

PEÑA, A. O. **Mapas Conceituais**: uma técnica para aprender. São Paulo: Edições Loyola, 2005.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. Mudando as atitudes dos alunos perante a Ciência: o problema da (falta de) motivação**. A aprendizagem e o ensino de Ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, v. 5, p. 29-45, 2009.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de Ciências por investigação: reconstrução histórica. In: XI **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2008, Curitiba. Curitiba: UTFPR/UFPR, 2008. Disponível em: http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/atas/resumos/T0141-1.pdf. Acesso em fevereiro de 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

VIEIRA, F. A. C. Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino (Tese de Doutorado – Ensino de Ciências) 197f. Universidade Estadual Paulista. **Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência**. Bauru, 2012.

YAMAZAKI, S. C.; YAMAZAKI, R. M. O. Sobre o uso de metodologias alternativas para ensino-aprendizagem de ciências. **Educação e diversidade na sociedade contemporânea.** Ed. Coelho MS, 2006.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. In: **Como trabalhar os conteúdos procedimentais em aula**, Porto Alegre: Artmed, 1998.

ENGENHARIA DE SEGURANÇA NO TRABALHO: AVALIAÇÃO DOS LABORATÓRIOS QUÍMICOS CIENTÍFICOS

Verônica Evangelista de Lima[1]
Antônio Augusto Pereira de Sousa [2]
Edilane Laranjeira [3]
Joellyson Ferreira da Silva Borba[4]

RESUMO

Os laboratórios científicos de ministração de aulas experimentais ou pesquisa em química são percebidos como locais essencialmente perigosos. A alocação de equipamentos, insumos e produtos capazes de provocar agravos à saúde, caracteriza a condição insalubre de tais ambientes. Ademais, nos laboratórios científicos são realizadas diversas e complexas atividades, nas quais se somam operações com força mecânica, ruídos, calor, vibrações, radiações, produtos químicos e tantas outras condições que tornam a avaliação de cada ambiente particular e única. Diante desse contexto, foi objetivo desse trabalho aplicar ferramentas de diagnóstico dos aspectos gerais da segurança do trabalhador com fins de identificação de perigos, avaliação de riscos e sugestão de boas práticas de segurança nos laboratórios químicos acadêmicos de uma Instituição de Ensino Superior localizada na cidade de Campina Grande-PB. Foi utilizada uma metodologia de avaliação de risco semiquantitiativa, aplicando o método de matriz simples de Somerville para determinação dos riscos de vários tipos: físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e de acidentes. Os resultados indicaram que as condições de segurança nos laboratórios são críticas, sendo urgente iniciar ações para melhoria do ambiente de trabalho, não somente para atender as exigências legais evitando multas e sanções decorrentes de irregularidades, mas como condição maior de atendimento ao princípio de proteção da pessoa humana.

Palavras-chave: Avaliação de risco. Laboratórios químicos. Segurança do trabalho.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a segurança do trabalhador não tem sido um item de destaque nas Instituições de Ensino. Notadamente, no que se refere aos laboratórios químicos científicos ou de ensino experimental, é fato comum que muitos usuários desconheçam ou optem por desconsiderar os riscos associados às atividades desenvolvidas e permaneçam durante todo o período de uso das instalações e/ou equipamentos sem a devida proteção. O quadro geral envolve também uma miscelânea de situações (corriqueiras ou esporádicas) promovidas por pessoas com formação, atribuições e interesses distintos (professores, técnicos, estudantes,

[1] Professora Doutora da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, veronica.dq.uepb@gmail.com;
[2] Professor Doutor da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, aauepb@gmail.com;
[3] Professora Doutora da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, edilane.uepb@gmail.com;
[4]Graduando em Licenciatura em Química- Universidade estadual da Paraíba– UEPB. joellysonuepb@gmail.com

pesquisadores), o que torna o ambiente de laboratório um local de complexo gerenciamento. Toda a conjuntura, portanto, torna-se propícia para a ocorrência de acidentes.

O trabalho em condições inseguras gera, não raras vezes, agravos à saúde em ocasião imediata ou posterior ao labor, produzindo deficiência, disfunção ou incapacidade para o desempenho da atividade laboral. Tais eventos podem afastar provisória ou definitivamente o profissional das suas funções, com perda do capital intelectual e acréscimo de custos financeiros para sua substituição.

Em outro aspecto, a ocorrência de acidentes concorre para prejuízos materiais com perda dos insumos, danos ao patrimônio físico (perda de equipamentos, quebra de vidrarias, necessidade de reparos no ambiente, entre outros), além de impor a repetição da atividade (retrabalho), com consequente uso de mais insumos e geração de mais resíduos, representando também um maior impacto ambiental.

Embora haja reflexos positivos sobre todos os setores da atividade laboral, a motivação maior para o estabelecimento de uma cultura prevencionista é a integridade humana. O capital humano especializado é o maior bem existente nas Instituições de Ensino. Nesse aspecto, a aplicação de ações em segurança do trabalho aos laboratórios químicos científicos vem a contribuir significativamente para a proteção da integridade humana, com a diminuição dos riscos de acidentes, dos afastamentos por problemas de saúde e das reclamações trabalhistas (impactos socioeconômicos positivos) além de proporcionar o aperfeiçoamento de técnicas e práticas químicas mais seguras (impactos técnico-científicos positivos). Adicionalmente, a inibição do retrabalho pela incorporação das boas práticas químicas de segurança, conduz à redução quantitativa e qualitativa de poluentes o que representa uma diminuição do impacto ambiental causado pelos ensaios experimentais.

É objetivo dessa proposta, realizar um estudo de caso nos laboratórios químicos científicos de uma Instituição Pública de Ensino Superior, aplicando ferramentas para diagnóstico dos aspectos gerais da segurança do trabalhador com fins de identificação de perigos, avaliação de riscos e estabelecimento de boas práticas de segurança química.

Breve histórico da Segurança do Trabalho

O histórico da preocupação com a saúde e segurança do trabalhador remonta às civilizações antigas. Há relatos de que Aristóteles, Hipócrates, Paracelso e outros já, na sua época, propuseram correlações entre a atividade laboral e as doenças observadas nos trabalhadores (WALDHELM, 2012).

A partir da Revolução Industrial (1760) a massiva participação de trabalhadores nos processos produtivos evidenciou a necessidade do estabelecimento de medidas protetivas. As primeiras ações legais no sentido de proteger o trabalhador foram empreendidas na Inglaterra por volta de 1802.

No Brasil, a história da segurança do trabalho é bem mais recente. O respaldo legal somente foi aperfeiçoado em 1943 com a aprovação da Consolidação das Leis Trabalhistas - CLT, instrumento jurídico que veio a ser prática efetiva de prevenção no Brasil.

Outras ações fortaleceram a obrigatoriedade de segurança nas atividades produtivas, com destaque para a criação das Normas Regulamentadoras - NRs, aprovadas pela portaria 3214 de 08/06/1978 do Ministério do Trabalho – MTb (SZABÓ JÚNIOR, 2015).

As Normas Regulamentadoras (NRs) são disposições complementares ao capitulo V da CLT, consistindo em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho. A elaboração/revisão das NR é realizada pelo Ministério do Trabalho adotando o sistema tripartite paritário por meio de grupos e comissões compostas por representantes do governo, de empregadores e de empregados (BRASIL, 2018).

Embora o principal foco legal esteja voltado às empresas privadas, as empresas públicas não estão isentas de sofrerem sanções por agravos cometidos contra os seus empregados em decorrência do exercício das funções laborais. Com clareza, a NR 1, assim versa no item 1.1:

> 1.1 As normas Regulamentadoras – NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (BRASIL, MTb, 2009).

Nesse contexto, inserem-se as Instituições de Ensino Superior (IES). Ainda que tenham como principal função o ensino, não se podem desconhecer as atividades diversas que são desenvolvidas, com complexidades e riscos variáveis, bem como a grande quantidade de pessoas que usa os espaços desses estabelecimentos (BRANDALIZE, 2013).

Os laboratórios científicos e a segurança do trabalhador

É plausível considerar, por analogia, as IES como empresas, visto que são compostas por um conjunto de estabelecimentos de que se utiliza o empregador para atingir seus

objetivos. Seguindo essa definição dada pelo item 1.6 da NR 1, cada laboratório representa um estabelecimento. Portanto, para todos os efeitos legais, a Instituição, pública ou privada, é responsável por qualquer evento que ocorra dentro dos seus domínios.

Os laboratórios científicos de ministração de aulas experimentais ou pesquisa em química são percebidos como locais essencialmente perigosos. A alocação de equipamentos, insumos e produtos capazes de provocar agravos à saúde, caracteriza a condição insalubre de tais ambientes. Ademais, nos laboratórios científicos são realizadas diversas e complexas atividades, nas quais se somam operações com força mecânica, ruídos, calor, vibrações, radiações, produtos químicos e tantas outras condições que tornam a avaliação de cada ambiente particular e única (CRQ IV, 2012). Os profissionais que utilizam esses ambientes estão continuamente expostos a riscos e, se medidas preventivas não forem implantadas ou forem negligenciadas, ocorrerão situações capazes de contribuir para lesões e danos irreversíveis à saúde (TEIXEIRA; VALLE, 2010).

Ainda há pouca ênfase e vaga documentação sobre os acidentes não letais ocorridos em laboratórios científicos nas Instituições de Ensino públicas. Normalmente os agravos à saúde pelo exercício da atividade em exposição contínua a condições insalubres vão sendo desconsiderados e culminam em doenças ao final da carreira do professor pesquisador ou do técnico químico. Os equipamentos de proteção coletiva são insuficientes ou negligenciados, bem como os equipamentos de proteção individual que, caso comum, não são fornecidos pelas instituições públicas ou são preteridos pela falta de cultura de autopreservação do profissional.

Como relata Carvalho (2013), a cultura de consciência de segurança engloba responsabilidade, organização do ambiente de trabalho, planejamento das atividades e a conduta do profissional. Logo, ações de sensibilização para a autoproteção são imprescindíveis ao sucesso das medidas prevencionistas.

A aplicação das normas implica considerar todos os potenciais fatores de agravo, o que significa verificar os riscos de vários tipos: químicos, físicos, biológicos e mecânicos. Cabe também a investigação dos perigos referentes às instalações do laboratório e os possíveis impactos ambientais dos agentes quando da ocorrência de transporte de um local a outro ou extravasamento para o meio ambiente (ABIQUIM, 2011).

Embora a temática seja muito ampla, iniciar ações para melhoria das condições de segurança nos laboratórios é um fator crítico, não somente para atender as exigências legais, evitando multas e sanções decorrentes de irregularidades, mas como condição maior de atendimento ao princípio de proteção da pessoa humana.

Avaliação de riscos

Alguns conceitos são de extrema relevância para o entendimento das abordagens relacionadas à segurança do trabalho. Inicialmente é necessária a distinção clara entre risco e perigo. Segundo definido por Ruppenthal (2013) o conceito de perigo se refere às fontes físicas ou condições com potencial de provocar lesão, doença ou danos materiais, ambientais ou combinação desses. Um risco é a possibilidade, elevada ou reduzida, de alguém sofrer danos provocados pelo perigo (OIRA, 2018). O risco representa a probabilidade de ocorrência de consequências indesejáveis.

Assim, as normas de trabalho, os procedimentos sistematizados, os requisitos legais ou normativos, as boas práticas, visam coibir os desvios, ou seja, inibir as ações ou condições com potencial para conduzir a danos pessoais ou de qualquer outra espécie. A combinação de perigos com desvios normalmente são os causadores de acidentes.

A categorização de riscos em classes, com cores indicativas características, foi inicialmente apresentada em anexo da Portaria nº 25, dezembro/1994, como parte da NR5. Com a atualização da NR5, em 2011, a tabela de classificação foi removida do documento, mas a padronização de cores permaneceu em uso. No texto da NR9, consideram-se os riscos ambientais aqueles promovidos por agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador. Embora na NR9 sejam citados apenas esses três tipos de riscos, a avaliação a classificação mais abrangente leva em consideração cinco possíveis riscos ocupacionais, conforme se observa no Quadro 1.

A avaliação de riscos é o processo qualitativo e/ou quantitativo de verificação sistemático do ambiente e das condições laborais, visando identificar os riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores decorrentes de perigos no local de trabalho. É uma análise minuciosa de todos os aspectos relacionados com o trabalho, identificando os perigos existentes na unidade, a possibilidade de eliminação das fontes de perigo e as medidas de prevenção ou proteção para controlar os riscos (OIRA, 2018).

A análise de riscos é o passo inicial para o desenvolvimento de ações que contribuam para trazer mais segurança ao ambiente de trabalho, além de servir de base para outros documentos e programas de segurança do trabalho.

Quadro 1 – Classificação dos riscos ocupacionais.

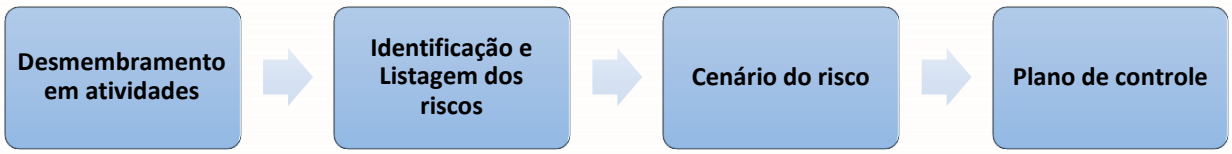
RISCOS OCUPACIONAIS	
GRUPO 1 VERDE **Riscos Físicos**	Diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom.
GRUPO 2 VERMELHO **Riscos Químicos**	Substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão.
GRUPO 3 MARROM **Riscos Biológicos**	Riscos oferecidos por diversos tipos de micro-organismos que possam infectar o indivíduo por vias respiratórias, contato com a pele ou ingestão. Agentes biológicos: bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros.
GRUPO 4 AMARELO **Riscos Ergonômicos**	Esforço físico intenso, Levantamento e transporte manual de peso, Exigência de postura inadequada, Controle rígido de produtividade, Imposição de ritmos excessivos, Trabalho em turno e noturno, Jornadas de trabalho prolongadas, Monotonia e repetitividade, Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico.
GRUPO 5 AZUL **Riscos de Acidentes**	Arranjo físico inadequado, Máquinas e equipamentos sem proteção, Ferramentas inadequadas ou defeituosas, Iluminação inadequada, Eletricidade, Probabilidade de incêndio ou explosão, Armazenamento inadequado, Animais peçonhentos, Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes.

Fonte: Normas regulamentadoras: NR5, NR9, NR17 (BRASIL, 2018).

Conforme explicado por Waldhelm Neto (2015), o completo levantamento dos riscos determina as medidas preventivas ou corretivas que nortearão o Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais (PPRA), o Programa de controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), o Programa de Conservação Auditiva (PCA) e o Programa de Proteção Respiratória (PPR). Além desses, o fornecimento adequado dos EPIs (equipamento de proteção individual) pressupõe o conhecimento dos riscos e situações que poderiam ocasionar acidentes e doenças reais.

A realização da análise de riscos deve envolver todas as pessoas que tenham relação direta com o ambiente avaliado, bem como os gestores (INBEP, 2017). O processo de verificação pode ser resumido em quatro etapas, esquematizadas na Figura 1

Figura 1 – Fluxograma para o desenvolvimento de uma análise de riscos.



Fonte: própria, 2018.

A fase inicial consiste na observação de todas as tarefas realizadas no ambiente em foco. O trabalho global precisa ser desmembrado em várias atividades. Cada atividade deve ser observada in loco ou pode ser obtida uma descrição pormenorizada da sua execução a partir dos próprios trabalhadores. É importante notar a frequência de ocorrência de todos os eventos desenvolvidos no ambiente listando, inclusive, as atividades não corriqueiras e as intermitentes.

Na sequência, busca-se a identificação das fontes e listagem dos riscos inerentes a cada atividade. Nessa etapa, pode-se levantar uma série de questionamentos sobre a atividade laboral, do tipo: “O que pode dar errado?”, “Como poderia dar errado?”, “Quais os fatores desencadeantes do erro?”, “Quais as consequências?”, “Qual a probabilidade de acontecer o erro?”.

A terceira fase corresponde à descrição do risco, organizando de forma consistente as informações coletadas para definir as medidas de controle de modo mais fidedigno. O cenário de risco deve reunir informações sobre o ambiente, incidência de exposição ao risco, fatores que predispõem ou contribuem para o risco, resultados e consequências do dano provocado pelo risco. Observar também se existe legislação sobre os riscos existentes no trabalho.

A etapa final pressupõe o estabelecimento de medidas de controle de cada risco identificado por meio da criação de um plano de ação. A culminância desse processo é a implantação de um plano de gerenciamento de riscos, de modo que nenhum risco identificado conduza a um acidente ou doença do trabalho (MIRANDA JR.; CUTRIM, 2013). É consenso que as ações de intervenção sigam a seguinte escala de prioridade: 1) Eliminação e/ou substituição da fonte de risco; 2) Modificação do ambiente para que o risco seja eliminado ou reduzido (reengenharia); 3) Modificação das práticas laborais para reduzir os riscos (controle administrativo); 4) Fornecimento dos EPIs adequados à cada trabalhador, instruídos por meio de treinamentos e monitorados quanto ao uso correto.

Ruppenthal (2013) enfatiza que mesmo diante da identificação e estabelecimento de medidas de controle dos riscos, ainda persistirá a possibilidade de falha por fatores humanos, visto que a percepção da realidade e interpretação de situações é particular a cada individuo. Ressalte-se, portanto, a importância da comunicação, capacitação e treinamento contínuos para o sucesso das medidas administrativas e organizacionais. O desenvolvimento de uma cultura prevencionista é a chave para que as pessoas tenham um comportamento de priorização da segurança dentro e fora da empresa.

Métodos de avaliação de riscos – matriz simples de Somerville

Embora haja uma exigência legal de identificação dos riscos laborais, não existem regras estabelecidas quanto à metodologia de avaliação que deve ser aplicada, ficando à critério de cada empresa a utilização do método que lhe convier (CARVALHO; MELO, 2008). É consenso, porém, que dois princípios devem ser observados: a identificação de todos os perigos e respectivos riscos, mesmo os inerentes às tarefas realizadas esporadicamente ou fora do horário normal de trabalho e, sendo o risco identificado, verificar se esse pode ser eliminado pela remoção do perigo que o origina (CARVALHO, MELO, 2011).

Diante da necessidade de realizar avaliações de risco, muitas empresas se vêm sem ferramentas, recursos e experiência para avaliar os riscos quantitativamente. É prática comum a utilização de avaliações de natureza qualitativa (MAQI) ou de natureza semiquantitativa (MASqt), tais como as matrizes de risco (OZOG, 2009).

O Método de matriz simples Somerville é de natureza semiquantitativa que recorre ao uso de uma matriz de análise de risco composta por duas escalas de três níveis, para caracterizar a Gravidade (G) e a Probabilidade (P); conforme mostrado no Quadro 2. Para definir a prioridade de intervenção, aplica-se uma escala de índice de Risco (R), igualmente com 3 níveis, obtida a partir da correlação: R = f (G x P). No Quadro 3, podem ser conferidas as matrizes correspondentes a magnitude e índices de Risco.

Quadro 2 – Escalas de Probabilidade e Gravidade do método de Somerville.

GRAVIDADE (G)		PROBABILIDADE (P)	
A	Baixo	A	Baixo
B	Médio	B	Médio
C	Alto	C	Alto

Quadro 3 – Relação entre as variáveis Probabilidade e Gravidade para determinação do índice de Risco (R).

R = f (G x P)		PROBABILIDADE (P)			ÍNDICE DE RISCO (R)		
		A	B	C	1	2	3
GRAVIDADE (G)	A	1	1	2	BAIXO	MÉDIO	ALTO
	B	1	2	3			
	C	2	3	3			

A aplicação do método de matriz simples apresenta a vantagem de identificar as prioridades de intervenção através do reconhecimento dos principais riscos, com relativa simplicidade, ao passo em que sensibiliza os diferentes colaboradores em cada setor avaliado. Em contraponto, há a desvantagem da subjetividade associada aos descritores utilizados nas escalas de avaliação, o que torna o método fortemente dependente da experiência dos avaliadores.

METODOLOGIA

A abordagem desenvolvida para avaliação dos aspectos de segurança nos laboratórios químicos científicos pode ser classificada como um processo de pesquisa exploratória, com características de estudo de caso e avaliações semiquantitativas.

Os resultados foram obtidos através de percepções e análises realizadas nos laboratórios químicos de ensino experimental de uma universidade pública da cidade de Campina Grande-PB.

Inicialmente, foram realizadas visitas *in loco* para reconhecimento da estrutura física, mobiliário, equipamentos, produtos manuseados, produtos estocados, rotina de utilização e demais aspectos relacionados ao uso do ambiente.

Em todas as fases da verificação, os técnicos e demais usuários foram estimulados a colaborar com informações, apoio e sugestões, coletados por meio de entrevistas ou questionários. Com o escopo da literatura especializada e partindo-se das observações feitas quanto à função/ocupação de cada ambiente foi aplicada uma lista de verificações (*checklist*), de modo a obter um diagnóstico referente à identificação de perigos, à avaliação de riscos e à adequação dos locais aos padrões de segurança preconizados pelas NRs do Ministério do

Trabalho. A avaliação de riscos foi desenvolvida pelo método semiquantitativo de matriz simples de Somerville.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fase inicial de reconhecimento foi documentada através de fotografias dos locais, recolhimento de depoimentos dos professores, técnicos e estudantes e preenchimento de formulários com informações específicas de cada laboratório.

Verificação do espaço físico e rotinas laboratoriais

De forma global, a estrutura de laboratórios conta com seis unidades nas quais são realizadas atividades corriqueiras de ensino experimental de química, com eventos esporádicos de pesquisa científica. As unidades estão instaladas em série, contendo uma única porta de acesso em cada laboratório que confluem para um corredor comum, no qual estão instalados extintores de incêndio e lava-olhos (Figura 2). Ao longo do corredor, há um desnível suprido por um lance de escadas de 5 degraus, sem corrimão de apoio. A entrada, saída e possível rota de fuga se fazem exclusivamente por essa via, embora exista um acesso intermediário, esse permanece sempre fechado por portões gradeados, trancados por cadeado.

Figura 2 – Vista frontal da série de laboratórios químicos.



Fonte: própria, 2018.

Os ambientes funcionam nos três turnos: manhã, tarde e noite, com predominância dos períodos matutino e noturno. A Tabela 1 lista o número de aulas semanais em cada

laboratório. A quantidade de usuários para cada ambiente foi estimada considerando o número médio de 8 alunos por turma, adicionando o número de professores, monitores e técnicos correspondentes. Não se tem um registro preciso da quantidade de pessoas que utilizam os espaços em atividades esporádicas de pesquisa científica.

Tabela 1- Ocupação dos laboratórios com aulas experimentais por semana.

SETOR	Nº de aulas semanais	Quantidade de usuários
Lab. Quím. Analítica qualitativa	7	60
Lab. Quím. Analítica quantitativa	8	68
Lab. Quím. Analítica Aplicada	2	17
Lab. Química Orgânica Experimental	10	87
Lab. Química Experimental	15	125
Química Inorgânica Experimental	5	43
Lab. Físico Química Experimental	11	93

Fonte: própria, 2018.

Constata-se que uma grande quantidade de pessoas, a maioria composta por aprendizes (estudantes), realiza nos ambientes avaliados atividades rotineiras de manuseio de reagentes, preparação de soluções, transformações por reações químicas, aquecimentos de substâncias químicas, operação de equipamentos e manuseio de vidrarias.

A rotina de cada laboratório foi acompanhada a partir da verificação das apostilas de aulas práticas. Pôde-se observar que inúmeros compostos químicos são regularmente manuseados nas aulas experimentais: álcalis, ácidos orgânicos e inorgânicos, sais de metais pesados, peróxidos e compostos orgânicos diversos. A presença de capelas de exaustão limita a incidência de gases nos ambientes de trabalho, entretanto a exaustão não é suficiente para remover todos os compostos voláteis. A ventilação oferecida pelas janelas é ineficiente e por vezes o ambiente fica totalmente tomado por uma nuvem de reagentes. Equipamentos de proteção individual (óculos e luvas) são fornecidos pela Instituição, mas não há exigência no uso. Outros itens de proteção são de responsabilidade do usuário e são de uso obrigatório: jaleco, calças em tecido jeans e sapato fechado. Não há treinamento, controle ou fiscalização do uso dos EPIs.

A multiplicidade de atividades confere aos efluentes de laboratório composição química variada e periculosidade considerável, ao passo em que também dificulta o descarte adequado e propostas de tratamento de baixo custo. Assim, cada laboratório dispõe de um

recipiente para contenção provisória dos resíduos líquidos. O material é recolhido semanalmente e recebido para descarte por uma empresa de coleta de resíduos perigosos.

Além da permanência do recipiente de descarte de efluentes, cada laboratório possui também grande quantidade de substâncias químicas estocadas como reagentes concentrados ou soluções em prateleiras para uso nas rotinas diárias. Esse material presente no ambiente inclui peróxidos, ácidos, bases e sais de metais pesados, muitos produtos tóxicos voláteis, corrosivos e inflamáveis.

A Figura 3 retrata uma visão parcial da parede de fundo de um dos laboratórios, no qual se destacam as janelas de abertura limitada, vidrarias e o recipiente de coleta de resíduos líquidos alocados bem próximos a uma fonte de calor (estufa). Na mesma sequência da bancada ilustrada, destacam-se vários materiais e alguns reagentes químicos concentrados (álcool, peróxido, ácido). A capela de exaustão, na extensão da imagem, também é ilustrada na qual se observa uma prateleira inferior contendo diversos reagentes químicos sólidos. A profusão de materiais, regentes e equipamentos em posições não planejadas é característica marcante dos ambientes avaliados..

Figura 3 – Vista interna de um dos laboratórios de ensino experimental de química.



Fonte: própria, 2018.

Na vistoria realizada nos laboratórios não foram encontrados quaisquer documentos de suporte para segurança nas atividades desenvolvidas, tais como procedimentos operacionais padrões (POP) e Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ). Notou-se também a ausência de material para primeiros socorros e indicação de procedimentos de emergência, nome ou telefone de socorro em caso de ocorrência de acidentes.

Identificação e listagem dos riscos

Após a etapa de verificação, é necessária a fixação de medidas mitigadoras e preventivas de acidentes, que podem representar a interferência nos espaços físicos, a reorganização de rotinas ou mudanças de planejamento, com inserção de novos aspectos na cultura de trabalho.

Os principais riscos identificados nos laboratórios químicos da Instituição avaliada estão listados nos Quadros numerados de 4 a 8, separados por tipos de ocorrência, em associação com as fontes de risco e sugestões de medidas mitigadoras.

Do levantamento realizado, pôde-se verificar que inúmeros fatores de risco estão associados às atividades desempenhadas nos laboratórios acadêmicos. Ressalte-se que embora os riscos químicos sejam, evidentemente, os mais expressivos pela própria natureza das funções exercidas (manipulação de reagentes químicos), o arranjo físico inadequado é o componente mais agravante para que as condições de trabalho não atendam às exigências de segurança e bem estar. Em decorrência dos espaços limitados para realização das atividades e estreita área para circulação entre as bancadas de trabalho, qualquer tarefa feita dentro dos ambientes de laboratório está sujeita a esbarrões, com risco de acidentes com produtos químicos, risco de quebra de vidrarias e necessidade de permanência em posturas inadequadas. Associe-se a esse fato a quantidade de pessoas que trabalham em conjunto, normalmente 11 (9 alunos, 1 professor e 1 monitor). Logo, diante da impossibilidade de alteração da estrutura física dos laboratórios, a medida mais urgente é limitar o número de usuários ao mesmo tempo em atividade no ambiente.

Quadro 4 - Riscos FÍSICOS identificados nos laboratórios de ensino experimental de química.

Fatores Ambientais		Tarefa	Perigo	Risco	Matriz Avaliação de risco			MEDIDAS PROPOSTAS
					G	P	R	
FÍSICOS	**RUÍDO**	Preparação de soluções	Uso da capela de exaustão Excesso de conversas no ambiente interno ou externo ao laboratório.	Comprometimento auditivo, fadiga, estresse, cansaço. Dificuldade de entendimento das instruções.	B	B	2	• Realizar manutenção corretiva do exaustor. • Uso de protetores auriculares. • Evitar conversas paralelas.
	ILUMINAÇÃO	Realização de ensaios experimentais	Iluminação insuficiente impede percepção adequada das variações nos experimentos Dificuldade de acompanhamento das instruções/ dificuldade de leitura dos rótulos de reagentes.	Des conforto óptico. Uso excessivo de reagentes. Uso de reagentes errados Retrabalho Estresse, cansaço, fadiga.	A	A	1	• Realizar manutenção corretiva com troca de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED. • Redistribuir as fontes de iluminação.
	AMBIENTE TÉRMICO	Realização de experimentos com aquecimento	Uso de estufa, bico de gás, chapa de aquecimento ou forno mufla	Desconforto térmico; Estresse, cansaço, fadiga; Tontura, alteração da consciência, desmaios.	B	B	2	• Manter as janelas abertas durante as atividades. • Reunir as fontes de calor em bancadas específicas. • Aquisição e/ou manutenção dos sistemas de ventilação e climatização. • Seleção de períodos do dia mais adequados ao trabalho.
		Realização de pesagem na balança analítica	Permanência prolongada em espaço fechado, sem ventilação. Fechamento de todas as janelas do laboratório.		A	A	1	
	RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES	Realização de ensaios	Câmara asséptica.	Queimaduras, lesões nos olhos, na pele e em outros órgãos.	C	C	3	• Diminuir do tempo de permanência no ambiente. • Instalar película nos visores para diminuir a passagem de raios UV.

Fonte: própria, 2018.

Quadro 5 – Riscos QUÍMICOS identificados nos laboratórios de ensino experimental de química.

Fatores Ambientais		Tarefa	Perigo	Risco	Matriz Avaliação de risco			MEDIDAS PROPOSTAS
					G	P	R	
QUÍMICOS	Sólido	Preparação de soluções	Manipulação de reagentes concentrados	Intoxicação, queimaduras e dermatites.	C	A	2	• Substituir ou modificar ensaios experimentais. • Instalar sistema de exaustão no ambiente. • Uso de capelas (exaustão) • Realizar aquecimentos dentro da capela. • Garantir a compatibilidade de produtos armazenados. • Fornecer, treinar e fiscalizar o uso de EPIs.
	Gás	Preparação de soluções	Manipulação de reagentes voláteis.	Intoxicação por inalação, dificuldades respiratórias, agressão ao trato respiratório, sufocamento.	C	C	3	
		Ensaios com aquecimento	Manipulação de produtos químicos aquecidos		C	B	3	
		Armazenamento de produtos voláteis	Proximidade de produtos Incompatíveis Vazamento de reagentes para o ambiente Recipientes com rótulo irregular	Danos por explosão, intoxicação por inalação, dificuldades respiratórias, sufocamento.	B	A	1	
	Líquido	Preparação de soluções	Manipulação de reagentes concentrados	Queimaduras químicas, intoxicação, Dermatites e ferimentos.	C	C	3	• Manter os recipientes das soluções devidamente rotulados. • Disponibilizar as fichas de dados de segurança dos produtos químicos (FISPQ). • Fornecer, treinar e fiscalizar o uso de EPIs . • Remover o recipiente de descarte de resíduos para parte externa do laboratório. Realizar coleta semanal de resíduos.
		Realização de ensaios experimentais	Medidas de quantidades erradas Uso de produtos com dosagens excessivas Uso de vidrarias inadequadas, quebra de vidrarias Ocorrência de reações químicas bruscas Derramamento de produtos na bancada		C	C	3	
		Descarte de resíduos	Incompatibilidades, com geração de compostos tóxicos por reações químicas não previstas.	Queimaduras químicas, inalação de produtos tóxicos, sufocamento.	B	A	1	

Fonte: própria, 2018.

Quadro 6 – Riscos BIOLÓGICOS identificados nos laboratórios de ensino experimental de química.

Fatores Ambientais		Tarefa	Perigo	Risco	Matriz Avaliação de risco			MEDIDAS PROPOSTAS
					G	P	R	
BIOLÓGICOS	**BACTÉRIAS, FUNGOS E LEVEDURAS.**	Realização de análises microbiológicas.	Manuseio de materiais contaminados por microrganismos	Doenças adquiridas por contaminação com microrganismos.	B	B	2	• Diminuir o tempo de permanência no ambiente. • Realizar manutenção periódica dos sistemas de ventilação e climatização. • Fornecer, treinar e fiscalizar o uso de EPIs.
	VÍRUS E BACTÉRIAS	Participação em aulas experimentais	Convivência de muitas pessoas em um mesmo espaço limitado. Ambientes pequenos com pouca circulação de ar.	Aquisição de doenças infectocontagiosas.	A	C	2	• Limitar a quantidade de pessoas em atividade ao mesmo tempo. • Manter as janelas abertas durante as atividades.

Fonte: própria, 2018.

Quadro 7 – Riscos ERGONÔMICOS identificados nos laboratórios de ensino experimental de química.

Fatores Ambientais		Tarefa	Perigo	Risco	Matriz Avaliação de risco			MEDIDAS PROPOSTAS
					G	P	R	
ERGONÔMICOS	POSTURA	Preparação de soluções	Capelas de exaustão muito pequenas ou em altura desproporcional.	Exigência de postura curvada para realização da tarefa proposta.	C	C	3	• Substituir ou modificar ensaios experimentais. • Substituir as capelas de exaustão por modelos maiores. • Limitar o número de usuários em cada bancada. • Promover intervalos durante o expediente para alongamento. • Promover alternância de atividades. • Substituir os assentos.
		Realização de ensaios experimentais	Bancadas de trabalho com altura e espaço incompatíveis com as necessidades dos usuários.	Dores musculares Dor cervical, torácica e lombar.	C	C	3	
		Realização de titulação	Permanência por longos períodos em posição ortostática.	Problemas circulatórios. Dor nos membros inferiores.	A	B	1	
		Participação em aulas	Assentos em forma de bancos o que conduz a acomodação com uma curva dorsal exagerada.	Lesão na coluna, escoliose, lombalgias, hérnia de disco.	B	C	3	
	REPETITIVIDADE	Medição de volume com pipetas	Sequência contínua de movimentos repetitivos.	Lesão por esforço repetitivo.	A	B	1	• Promover alternância de atividades. • Incentivar intervalos para alongamento..

Fonte: própria, 2018.

Quadro 8 – Riscos DE ACIDENTES identificados nos laboratórios de ensino experimental de química.

Fatores Ambientais		Tarefa	Perigo	Risco	Matriz Avaliação de risco			MEDIDAS PROPOSTAS
					G	P	R	
DE ACIDENTES	ARRANJO FÍSICO	Preparação de soluções	Capela de exaustão muito pequena. Esbarrões acidentais.	Derramamento de reagentes ou de soluções com danos pessoais e ao patrimônio.	B	C	3	• Diminuição do número de pessoas no ambiente. • Substituição das capelas de exaustão por modelos maiores.
		Realização de ensaios experimentais	Espaço insuficiente para o número de pessoas. Área muito estreita para movimentação entre as bancadas. Perigo de esbarrões com derrame de produtos químicos e quebra de vidrarias	Agravos pessoais por queimaduras químicas, queimaduras por calor, inalação de gases tóxicos e cortes. Danos ao patrimônio.	C	C	2	• Diminuição do número de pessoas no ambiente.
		Lavagem de vidrarias	Choques acidentais com quebra de vidrarias.	Cortes e arranhões. Danos ao patrimônio.	A	A	1	• Evitar aglomeração de pessoas ao redor das pias na hora da lavagem de vidrarias.
		Transporte de reagentes entre os laboratórios	Lance de degraus sem corrimão e com grande movimentação. Perigo de choques acidentais, escorregões e quedas, com derrame de produtos químicos e quebra de vidrarias.	Contusões, torsões, fraturas. Queimaduras químicas, inalação de gases tóxicos e cortes. Danos ao patrimônio.	C	B	3	• Evitar o deslocamento de aulas para laboratórios não preparados para a disciplina. • Instalar corrimão. • Providenciar piso antiderrapante.
		Utilização dos equipamentos para aquecimento.	Proximidade dos equipamentos com reagentes e vidrarias. Espaço de movimentação insuficiente para o número de pessoas no ambiente.	Agravos pessoais por queimaduras químicas e queimaduras por calor. Danos ao patrimônio.	C	C	3	• Estabelecimento de espaços reservados somente para equipamentos de calor. • Diminuição do número de pessoas no ambiente.

Fonte: própria, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A premissa maior de qualquer iniciativa em Engenharia de Segurança é o princípio de proteção da pessoa humana, componente mais valioso e irreparável da relação de trabalho. As instituições de ensino têm como seu maior capital a capacidade de atuação de profissionais altamente qualificados, cientistas forjados por anos no empenho do exercício acadêmico, técnicos e estudantes. Percebe-se, portanto, que a principal contribuição das ações em segurança do trabalho é a manutenção desse capital humano de valor intangível.

A conjunção de fatores encontrada nos laboratórios da Instituição de Ensino Superior avaliada é extremamente preocupante. A imperícia própria dos aprendizes, a falta de documentação e as medidas de segurança insuficientes produzem um quadro propício à ocorrência de acidentes. É de vital importância que ações administrativas e coletivas sejam empreendidas para consideração da avaliação dos riscos, atentando para as medidas de prevenção aqui propostas.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM. Departamento Técnico. Comissão de Transportes. **Manual para atendimento a emergências com produtos perigosos**. 6 ed. São Paulo: 2011.

BRANDALIZE, M. V. **Avaliação de riscos ambientais de um laboratório de pesquisa**. Monografia de especialização em Engenharia de segurança do trabalho. Departamento de Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Normas regulamentadoras**. Disponível em: http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras. Acesso em: 13 fev./2018.

BRASIL, MTb. (Publicação:1978). **NR-1 Disposições Gerais**. Publicação: Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. Atualização:Portaria SIT n.º 84 de 04 de março de 2009. Disponível em MINISTÉRIO DO TRABALHO: http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras. Acesso em 15 fev./2018.

CARVALHO, F.; MELO, R. B. (2008). **Comparação entre 10 métodos de Avaliação de Risco de natureza semi-quantitativa em tarefas de manutenção**. In P. Arezes, J. Baptista, M. Barroso, A. Cunha, R. Melo, A. Miguel, et al. (Ed.), Colóquio Internacional sobre Segurança e Higiene Ocupacionais – SHO2008. Livro de Comunicações do SHO 2008, pp. 83- 87. Guimarães: Sociedade Portuguesa de Segurança e Higiene Ocupacionais (SPOSHO) e Escola de Engenharia da Universidade do Minho. COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. (2008).

CARVALHO, F.; MELO, R. B**.** Avaliação de riscos: comparação entre vários métodos de avaliação de risco de natureza semi-quantitativa. **Territorium**. Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. Coimbra, Portugal, 18, 43-54 , 2011. Homepage: https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/numeros_publicados.

CARVALHO, P. R. **Boas práticas químicas em Biossegurança**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CRQ IV – CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA IV REGIÃO (SP-MS). **Guia de Laboratório para o ensino de química.** Instalação, montagem e operação. São Paulo, 2012.

INBEP. **4 passos fundamentais para realizar a análise dos riscos**, 2017. Disponível em: http://blog.inbep.com.br/4-passos-fundamentais-para-realizar-a-analise-dos-riscos/. Acesso em: 15 fev./2018.

MIRANDA JR., E. J. P.; CUTRIM, S. S. **Análise de risco aplicada à segurança do trabalho na indústria de petróleo e gás**. *In*: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013. Anais eletrônicos disponíveis em: http://abepro.educacao.ws/publicacoes/index.asp?ano=2013.

OIRA-Online interactive risk assessment. **Avaliação de riscos**. AGÊNCIA EUROPÉIA PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO. Disponível em: https://oiraproject.eu/pt/what-risk-assessment. Acesso em: 1 fev./2018.

OZOG. Designing an Effective Risk Matrix, 2009. . An ioMosaic Corporation Whitepaper. Disponível em: https://docuri.com/download/risk-ranking_59c1e58cf581710b286ba052_pdf . Acessado em: 30 abril/2018.

RUPPENTHAL, J. E. **Gerenciamento de Riscos**, 2013. Caderno técnico. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, Santa Maria-RS.

SZABÓ JÚNIOR, A. M. Manual de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho. 9ed. São Paulo: Rideel, 2015.

TEIXEIRA, P.; VALLE, S. (org.). **Biossegurança – uma abordagem multidisciplinar.** 2ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010

WALDHELM NETO, N. Como fazer análise de risco. **Segurança do trabalho**, 2015. Disponível em: https://segurancadotrabalhonwn.com/como-fazer-analise-de-risco/. Acesso: 17 fev./2018.

WALDHELM NETO, NESTOR. **História da Segurança do trabalho**. Jul.2012. Disponível em: http://segurancadotrabalhonwn.com/historia-da-seguranca-do-trabalho/. Acessado em 15 jan. 2018.

ENSINO DE QUÍMICA NA PERSPECTIVA INCLUSIVA PARA ALUNOS SURDOS

Albaneide Fernandes Wanderley [1]
Nathalia Bento Ramos [2]
Samila da Silva Gabriel [3]

RESUMO

Um dos desafios do ensino atual tem sido a inclusão de alunos com necessidades especiais no ambiente educacional, onde esse abrange desde a escassez de recursos metodológicos educativos para apoiar os educadores no processo de ensino-aprendizagem a necessidade de aperfeiçoamento profissional docente. Nesse viés, desenvolveu-se esta bibliográfica com o objetivo de identificar na revista Química Nova na Escola as pesquisas que versem sobre o ensino de química inclusivo para alunos surdos, publicados entre 2011-2017. Os autores referenciados nesta análise apresentaram em suas publicações trabalhos desenvolvidos para o ensino de química relatando dificuldades vivenciadas para lecionar essa disciplina a alunos surdos, como também discorreram sobre métodos pedagógicos pautados na linguagem visual-gestual que permitem mediar as práticas pedagógicas da disciplina de química, proporcionado à inserção, aquisição e construção do conhecimento para esse público.

Palavras-chave: Inclusão de Alunos Surdos, Ensino-aprendizagem, Química.

INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, um dos manifestos quanto à educação tem sido a inserção do processo de inclusão incorporando o ensino de forma heterogênea, valorizando-se as diferenças que vão desde as dificuldades de aprendizado até as limitações físicas. Entre os progressivos avanços do incluir destaca-se à aprovação da Lei n° 10.436 de 24 de abril de 2002 que reconhece a Língua Brasileira de Sinais (Libras) como meio de comunicação oficial das pessoas surdas no Brasil, por ser um sistema linguístico de natureza visual gestual com estrutura gramatical própria, constitui um sistema linguístico de transmissão de ideias e fatos, oriundos da comunidade de pessoas surdas no Brasil (BRASIL, 2002).

Pesquisas voltadas a educação de surdos são escassas, pois o encadeamento do ensino a esses alunos não é satisfatório, essa afirmativa é evidenciada pela insuficiência de estudos direcionados ao seu processo de alfabetização científica, ou seja, a falta ou nenhuma formação

[1] Doutora em Química pela UFPB. Professora da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG albawanderley@gmail.com;
[2] Graduada pelo Curso de Licenciatura em Químcia da UFCG, ramosbento.nathalia.sjp@gmail.com;
[3] Graduanda do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, samila.sgabriel@gmail.com;

nas disciplinas da área de ciências exatas e da natureza, em especial a química, pela carência de sinais que possam representar conceitos como mol, átomo e símbolos frequentemente utilizados para desencadear seu entendimento (MENDONÇA; OLIVEIRA; BENITE, 2017)

Apesar de constituir um vocabulário rico, capaz de designar ideias e conceitos, a Libras não apresenta sinais suficientes que possam auxiliar na mediação do conhecimento químico, tornando-se dificultosa a apresentação de suas diferentes constituições a esse público, o que se perpetua uma prática de marginalização dos sujeitos da sociedade, dificultando consideravelmente o pleno exercício da cidadania por esses grupos (SOUSA; SILVEIRA, 2011), essa ausência de uma padronização de sinais científicos para o ensino das ciências gera um obstáculo à comunicação dos surdos com as diversas áreas da ciência (PIMENTEL; ARAÚJO; LEIPNITZ, 2017).

Nesse contexto, o avanço educacional ainda não é suficiente para suprir com as necessidades do ensino de química a alunos surdos, assim como outras áreas das ciências exatas, gerando a exclusão, justificada pela pouca presença de alunos surdos nas escolas de ensino básico e superior, esta é uma consequência estritamente ligada à associação da falta de oralidade a capacidade de aprendizagem desses alunos, concernindo a não integralização desses ao processo educacional.

Diante de um processo de inclusão, ainda em defasagem, devido a intensos fatores que permeiam a educação brasileira, principalmente a falta de formação docente para essa modalidade de ensino, a inserção dos surdos nas aulas de química e seu processo de aprendizagem serviram de estímulo para este estudo. Sendo objetivo desta pesquisa bibliográfica, identificar na revista Química Nova na Escola as pesquisas que versem sobre o ensino de química inclusivo para alunos surdos.

HISTÓRICO EDUCACIONAL DO SURDO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Ao lançarmos o olhar para a história da humanidade, podemos observar o quanto às civilizações remotas tinham dificuldade em aceitar o diferente aos seus olhos, algo que lhes causasse certa estranheza. Isso era decorrente do fato de que essas se caracterizavam com ideologias e convicções em comum, até mesmo no modo de pensar e agir. Para tanto, quem fosse contrário a este modo de perceber o mundo não poderia ser incluído nesta sociedade e desta forma cada época determinava padrões de acordo com suas crenças e políticas, e excluiria o considerado diferente aos seus (RODRIGUES DA LUZ, 2017).

Os surdos, desde os tempos mais distantes da sociedade têm sofrido com essa exclusão, por não se adequarem aos atributos de padrões físicos, neste caso a falta da fala, os quais deveriam ter um cidadão para exercer seus direitos e participar efetivamente do meio social, fazendo jus à passagem do evangelho de São João que enfatiza a fala como princípio do desenvolvimento cognitivo de um ser humano, relacionando a linguagem e o pensamento como componentes e aparatos primordiais para sua comunicação (SACKS, 1990).

Essa relação entre oralidade e a capacidade de adquirir conhecimentos já existia desde os tempos do filósofo Aristóteles, pois para ele a aprendizagem se dava através dos discursos, e os surdos não fazem uso do discurso, impedindo-lhes assim de obter conhecimento (BARBOSA, MARQUES e TEMOTEO, 2015).

A história da educação para surdos teve seu início marcado por duas vertentes: a médica e a religiosa. Com relação à medicina, a surdez caracterizava-se como uma deficiência relacionada a uma anomalia orgânica, despertando atenção e interesse de alguns médicos nesta área do conhecimento. Quanto à religião, atitudes caritativas e de auxílio ao próximo faziam parte dos preceitos religiosos, o que fica evidente quando padres, abades ou ordens inteiras se responsabilizavam pelo cuidado e educação dos surdos (PINTO, 2006).

Ao final da Idade Média, onde o poder da sociedade se encontrava nas mãos da Igreja Católica, assim como a função de lecionar, a pessoas surdas com o único propósito de transmitir a palavra de Deus para se ter controle sobre eles (RODRIGUES DA LUZ, 2017). Era o início de um novo viés e a associação do surdo como algo sobrenatural concedendo espaço à ideia de que ele poderia ser ensinado e sua formação inicial passa a ser voltada para o ensino da escrita (BARBOSA, MARQUES e TEMOTEO, 2015).

O propósito da educação dos surdos, então, era que estes pudessem desenvolver seu pensamento, adquirir conhecimentos e se comunicar com o mundo ouvinte. Para tal, procurava-se ensiná-los a falar e a compreender a língua falada, mas a fala era considerada uma estratégia, em meio a outras de se alcançar tais objetivos (LACERDA, 1998).

No início do século XVI, principia a aceitação de que os surdos podem aprender através de procedimentos pedagógicos sem que haja interferências sobrenaturais (LACERDA, 1998) estabelecendo-se como o período de partida para explicação da origem da Língua de Sinais onde estas foram originadas da Língua de Sinais Francesa (JUNIOR, 2011).

Nesse contexto, mesmo os surdos passando a usufruir os direitos antes inexistentes, havia uma unanimidade onde as pessoas, mesmos com sua presença na sociedade teriam que aprender a oralidade. Contudo no século XVIII ocorreu uma divisão entre profissionais

oralistas e os gestualistas, que segundo Lacerda (1998), foi aberta uma brecha que se alargaria com o passar do tempo e se separariam irreconciliavelmente oralistas de gestualistas.

Os oralistas exigiam que os surdos se reabilitassem, superassem sua surdez, que falassem e de certo modo, se comportassem como se não fossem surdos, reprimiram tudo o que fizesse recordar que os surdos não poderiam falar como os ouvintes, assim como impuseram a oralidade para surdos que fossem aceitos na sociedade. Os gestualistas foram capazes de ver que os surdos desenvolviam uma linguagem que, mesmo sendo diferente da oral, era eficaz para a comunicação e lhes abriria as portas para o conhecimento da cultura, incluindo aquele dirigido para a língua oral (LACERDA, 1998).

O histórico da Língua de Sinais foi definido por aspectos preconceituosos, sendo essa uma das barreiras mais difíceis de ser vencida até os dias atuais, já que segundo Velentini e Bisol (2012) é comum o "pré" "conceito" de que o surdo também tem dificuldades cognitivas. Uma pessoa surda pode ou não ter dificuldades cognitivas, mas isso deverá ser avaliado adequadamente para não confundir o que se pode ser uma dificuldade de compreensão em função da língua, ou uma dificuldade de compreensão em nível cognitivo.

INSERÇÃO DE ALUNOS SURDOS NA ESCOLA REGULAR

Para inserir o aluno surdo na escola regular é preciso que se tenham alguns cuidados que visem garantir sua possibilidade de acesso ao conteúdo que está sendo trabalhado, considerando suas peculiaridades linguísticas. Esse cenário é possível através do acompanhamento desses alunos por um intérprete de língua de sinais, que é sua língua de domínio. É fundamental que haja o reconhecimento tanto dos alunos surdos quanto dos professores das classes inclusivas da necessidade de apoio específico, e por isso devem ser oferecidos recursos tecnológicos e humanos, nesse último caso seria o intérprete (FAMULARO, 1999).

Para ocorrer o processo de ensino a esses alunos é imprescindível entender como são estabelecidas as relações entre professor e os discentes. Segundo Valentini e Bisol (2012), uma das consequências mais evidentes da inclusão de alunos surdos na sala de aula é que a comunicação do professor ouvinte com o aluno surdo deve ser mediada pelo Intérprete de Língua de Sinais (ILS). Logo, a presença desse aluno na sala de aula transforma o ambiente em um contexto bilíngue, ou seja, surge uma série de implicações quanto às práticas pedagógicas, pois o espaço escolar passa a aceitar que outra língua circule no ambiente, além

daquela do domínio do grupo majoritário (ouvinte), a Língua Portuguesa (LP) dando a essa língua um status social de pertinência (VYGOTSKY, 1986).

Nesse contexto dois sistemas linguísticos passam a coexistir com a presença de um aluno não ouvinte: a LP, na sua forma oral e escrita, e a Libras pelos surdos (VALENTINI; BISOL, 2012), sendo a Libras a primeira língua dos surdos, e a Língua Portuguesa a segunda, assim como o inglês é diante da LP para os ouvintes é válido destacar que o encontro desses sujeitos com a escrita é precedido e possibilitado pela Língua de Sinais. Quanto mais efetivo é o acesso do aluno surdo à Libras, melhores chances ele tem de fazer uma apropriação mais consistente da escrita (PEIXOTO, 2006).

ENSINO DE QUÍMICA PARA SURDOS

O ensino de química, nesse viés, deveria contemplar o uso de terminologias desse conteúdo na língua de sinais no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos e levar o aluno surdo a utilizar, igualmente, os mesmos termos na escrita e leitura (SOUSA; SILVEIRA, 2011). Assim o desenvolvimento dos alunos surdos nas disciplinas de Química, Física e Matemática, por exemplo, corresponde a um desafio para o intérprete, que tem a responsabilidade de trazer para a língua materna do estudante conceitos que também são ensinados aos alunos ouvintes, em áreas onde há escassez ou o não conhecimento de sinais equivalentes (PIMENTEL; ARAÚJO; LEIPNITZ, 2017).

Existe uma preocupação quanto à compreensão dessa ciência a esses alunos, pois autores como Quadros e Karnopp (2004), Freitas (2001) e Brito (1993) revelam que existe uma carência de terminologias científicas em Libras, o que pode interferir na negociação de sentidos dos conceitos científicos por docentes, alunos e intérpretes, dificultando o ensino-aprendizagem de ciências. A Química, assim como outras áreas das exatas, exige que os estudantes dominem relações ou modelos distantes de sua realidade, o que, muitas vezes, contribui para o surgimento de inúmeras dificuldades durante a construção dos conhecimentos químicos (MACHADO, 2016).

Os estudos léxico-terminográficos em Libras, ainda recentes, mostram que muitos dos sinais que são criados e utilizados pela comunidade surda não são registrados. Isso pode gerar um empecilho para a padronização e disseminação desses, ou seja, mesmo quando os que definem conceitos técnico-científicos são criados, estes nem sempre são validados (PIMENTEL; ARAÚJO; LEIPNITZ, 2017). Isso faz com que se agrave o processo de ensino e aprendizagem da Química, por essa disciplina trabalhar com um nível teórico (atômico-

molecular), além de faltar saberes necessários aos docentes para auxiliar na compreensão de conceitos químicos entre intérpretes e alunos surdos e facilitar na criação de sinais que reflitam na conceituação trabalhada (SOUSA; SILVEIRA, 2011).

Essa realidade aponta que se para os discentes ouvintes e dominantes da escrita e da fala da LP a disciplina de Química na maioria das vezes é vista como de difícil compreensão, pode-se pressupor que, para os discentes surdos, será muito mais complexa a assimilação e desenvolvimento desses conhecimentos diante do domínio de outra língua, tendo em vista que toda a comunicação entre o professor de química e o aluno depende inteiramente do intérprete (MACHADO, 2016).

Além da falta de terminologias químicas voltadas ao seu ensino, são poucos os estudos sobre o envolvimento do ensino de Química com estratégias didáticas visando aulas inclusivas (MACHADO, 2016). Como menciona Lucena e Benite (2007) há uma deficiência do ensino de Química aos surdos no Brasil, revelando em seus estudos que os docentes de Química precisariam conhecer além do conteúdo de química, aspectos ligados a Libras para não depender unicamente do intérprete.

Desse modo, atribuímos ao professor uma importante função, de possibilitar ao aluno surdo uma real inclusão e um ensino de qualidade tornando-o participativo e interativo, por meio da mediação, um elo entre o indivíduo e o meio (RODRIGUES DA LUZ, 2017). Sendo necessário investir na melhoria significativa de sua formação, pois a acessibilidade de estudos a esses indivíduos não seria simplesmente disponibilizar um intérprete de Libras, mas proporcionar condições e métodos pedagógicos para a sua aprendizagem (PFEIFER, 2017).

Atualmente sabe-se que os sinais da Libras não se resumem apenas a datilologia, que é o alfabeto manual, mas que com o passar dos anos foi permitido ampliar as características linguistas dessa modalidade de comunicação, assim como a LP passa por constantes mudanças e descobertas. Portanto, o alfabeto manual ainda é usado para expressar nomes de pessoas, localidades e outras palavras que não apresentam sinais em Libras, tendo em vista que esse não é apenas um mecanismo alternativo utilizado quando não se tem sinal correspondente na tradução da linguagem oral para a Libras. Tanto quanto as expressões faciais, esse alfabeto faz parte da Libras. Mesmo que no início, tenha tido a função de substituir a fala (JUNIOR, 2011).

Essa evolução da Libras vem permitindo o ensino da Química com alunos surdos, não de uma forma promissora, pois em outro viés, a especificidade da linguagem e dos termos químicos como átomo, elétron, mol, íons, próton, dentre outros, que não compõem o rol de terminologias dos dicionários da Libras, pode ser um elemento dificultador da construção de

sentidos dos conceitos químicos e, consequentemente, sua tradução do português para libras (SOUSA; SILVEIRA, 2011).

Para que a educação inclusiva possa acontecer com esses alunos e o ensino de Química possa se ampliar em ambas vertentes, tanto para alunos com dificuldades de aprendizagem, quanto aluno com limitações, se faz necessário um trabalho coletivo no processo educativo, além do investimento em formação docente. Pois, durante o processo de formação do professor ele deve ser preparado, assim como rege a Legislação Brasileira, a qual prevê e defende a necessidade de se incluir nos cursos de formação de professores, saberes que auxiliem os docentes a atender a demanda dos alunos com surdez no intuito de fazer com que a escola seja inclusiva e tenha participação de todos os indivíduos com suas diferentes necessidades (SOUSA; SILVEIRA, 2011).

METODOLOGIA

De acordo com os estudos de Sousa e Silveira (2011) cada vez mais, homens e mulheres precisam questionar as transformações do meio em que estão inseridos e a educação deve agir como um dos muitos elementos fulcrais de reflexões para os indivíduos se posicionarem frente ao mundo modificado científico e tecnologicamente. Com base em disposições específicas quanto ao âmbito educacional, a presente pesquisa é de natureza básica, com o intuito de gerar conhecimentos novos para refletir no avanço das ciências, ou seja, nos estudos para lecionar a alunos surdos em escolas regulares da rede de ensino.

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, descritiva com o objetivo de promover uma discussão e descrição de uma determinada população, em específico dos surdos a cerca do seu ensino de Química, permitindo o estudo da temática através de uma revisão bibliográfica como forma de alargar o conhecimento das dificuldades e limitações para ministrar aulas a esses alunos.

A revisão bibliográfica teve como campo de pesquisa o periódico a Revista Química Nova na Escola**,** acessível no endereço eletrônico: http://qnesc.sbq.org.br/. Onde pesquisou-se artigos sobre a temática abordada utilizando na aba de busca do periódico as palavras-chave: Surdos, Aulas de Química, Inclusão de surdos, Ensino de Química à surdos. Diante dos artigos filtrados sobre o tema abordado, dividiu-se de acordo com seu campo de averiguação.

A parte inicial da pesquisa se constitui da pré-análise, sendo essa a fase de organização, tem por objetivo sistematizar as ideias inicias, de maneira a conduzir um esquema preciso das operações sucessivas, em um plano de análise, a formulação das

hipóteses e dos objetivos e a elaboração dos indicadores que fundamentem a interpretação final (BARDIN, 2017).

Para análise dos artigos identificados foi utilizado o método de analise de Bardin (2017), que propõe as diferentes fases de análise de conteúdos, tal como o inquérito sociológico ou a experimentação, para conduzir essa análise segue-se o seguinte polo cronológico: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se no quadro 01 a síntese dos artigos identificados no periódico supracitado. No total, foram identificados apenas seis artigos correlacionados ao ensino de Química para surdos e as suas respectivas dificuldades.

Quadro 01- Artigos sobre artigos relacionados ao ensino de química para alunos surdos.

MENDONÇA; N. C. S. OLIVEIRA; A. P. BENITE; A. M. C. A. O Ensino de Química para alunos surdos: conceitos d misturas no Ensino de Ciências. **Revista Química Nova na Escola.** Vol. 39, N° 4, p. 347-355, Novembro de 2017.	Esta investigação trata de uma intervenção pedagógica desenvolvida em uma escola da comunidade surda, do Centro Especial Elysio Campos, de Goiânia, com o intuito de desenvolver diferentes estratégias para o ensino de alunos surdos do 9° ano do ensino fundamental, usando da prática experimental para trabalhar o conceito de misturas.
FERNANDES; J.M. FREITAS-REIS; I. Estratégia didática inclusiva a alunos surdos para o ensino dos conceitos de balanceamento de equações químicas e de estequiometria para o ensino médio. **Revista Química Nova na Escola.** Vol. 39°, N° 2, Maio de 2017.	Aplicação de uma sequência didática construída com a presença de alunos surdos, para ser utilizado no próprio processo de ensino desses alunos voltado para os conceitos de balanceamento das reações químicas e estequiometria.
FERREIRA; W. M. NASCIMENTO; S. P. F. Utilização do jogo de tabuleiro-ludo- no processo de avaliação da aprendizagem de alunos surdos. **Revista Química Nova.** Vol. 36, N° 1, p. 28-36, Fevereiro de 2014.	Tendo como proposta de avaliação o lúdico como processo de aprendizagem de alunos surdos como forma de avaliar a disciplina de química.
SOUSA; F. S. SILVEIRA; H. E. Terminologias químicas em Libras: a utilização de sinais na aprendizagem de alunos surdos. **Revista Química Nova na Escola.** Vol.33. N° 1, Fevereiro 2011.	Nesse trabalho apresentam reflexões a cerca dos sinais em Libras para representar conceitos químicos, assim como uma revisão do dicionário trilíngue dos surdos para o levantamento de possíveis sinais que possam ser usados no ensino de química para alunos surdos.
FERREIRA; W. M. NASCIMENTO; S. P. F. PITANGA; A. F. Dez anos da lei Libras: uma concepção dos estudos publicados nos últimos 10 anos dos anais das reuniões da sociedade brasileira de química. **Revista Química Nova na Escola.** Vol. 36. N° 3. Agosto de 2014.	Neste artigo, pretendeu-se verificar a produção científica que trata e discute questões relacionadas à Libras e ao ensino de química (ED), a partir da análise dos resumos apresentados na seção ED das Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (RASBQs) nos últimos dez anos. Constatou-se que apenas 11 dos 1968 resumos tratam de assuntos educacionais relacionados à surdez.
PEREIRA; L.L.S. BENTE; P.C.R. BENITE; A. M.C. Aula de química e surdez: sobre interações pedagógicas medidas pela visão. **Revista Química Nova na Escola.** Vol. 33. N° 1, Fevereiro 2011.	Uma pesquisa pautada no estudo sóciohistórico e culturais, além de possíveis metodologias que agucem da visão dos alunos.

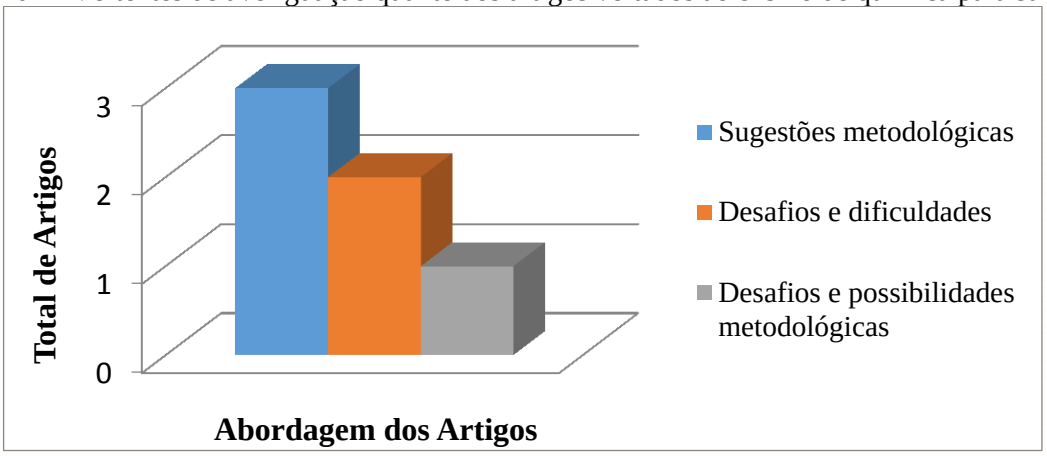
Fonte: Autoria Própria (2019).

A escassez de artigos que abordam a temática proposta mostra o quão decadente são as pesquisas e discussões a cerca do alfabetizar científico de alunos surdos, que segundo Perlin (2000), constitui-se como um novo campo de estudos que pode colaborar para uma educação que não só beneficie o sujeito surdo, mas que amplie as possibilidades de aprendizagem para todos. Os artigos evidenciam o quanto esse ensino precisa ser aprimorado para que haja a inclusão desses alunos, mesmo com amparo legal que assegura a presença do intérprete de Libras em sala de aula (Lei N° 9.394, 199).

A abordagem dos artigos concerne exatamente com o que diz Benite et al. (2008) no contexto das aulas de Química, é possível que as dificuldades dos surdos se estabeleçam porque são as línguas orais as únicas usadas pelos educadores, deixando o aluno surdo em desvantagem com os demais alunos, e por meio de práticas pedagógicas eficientes é possível redirecionar com mais objetividade o processo de inclusão nas aulas de química (PEREIRA; BENITE; BENITE, 2011).

Quanto aos campos de averiguação, os artigos encontrados compreendem desde as metodologias explicitadas até as pesquisas para tratar das dificuldades de lecionar para alunos surdos, que estão expostos no gráfico a seguir.

Figura 1- Vertentes de averiguação quanto aos artigos voltados ao ensino de química para surdos.



Fonte: Própria autora (2019).

Dos artigos encontrados na revisão bibliográfica 50% estão orientados para a discussão de metodologias visuais, que foram trabalhadas em salas de aulas regulares, com a presença de alunos surdos, abordando conteúdos de Química. Ambos os artigos estavam voltados para o aproveitamento do uso da visão como ferramenta primordial para se tornar efetivo o ensino aos alunos. Segundo Skliar (2005) a surdez é uma experiência visual com considerações que todos os mecanismos de processamento da informação, e todas as formas

de compreender o universo em seu entorno se constroem como experiências visuais, com base nessa perspectiva, foram elaboradas as metodologias apresentadas nesses três artigos, que podem servir como base para outros docentes em planejamentos de aulas inclusivas.

O percentual de 50% das pesquisas busca trabalhar a experimentação e os jogos didáticos em sala de aula para facilitar a compreensão dos conteúdos de química, mostrando com isso as necessidades de repensar as aulas de química ministradas para turmas que possam incluir alunos surdos.

As autoras Mendonça, Oliveira e Benite (2017), ao aplicar a experimentação com alunos do 9° ano obtiveram resultados satisfatórios possibilitando uma alfabetização científica mais efetiva, proporcionando condições de aprendizagem acessíveis aos alunos. Essa compreensão só foi viável por causa da reconfiguração do papel dos agentes envolvidos nos processos de ensino-aprendizagem do conhecimento científico, que devem no caso dos surdos, apresentar um profissional especializado para fazer a comunicação entre professor e intérprete (LACERDA; GÓES, 2000). Mediante a essa reconfiguração e não somente a aquisição da Libras que se proporcionou condições para auxiliar no entendimento dos alunos, pois os professores se comunicavam diretamente com os surdos sem a intervenção do intérprete por serem fluentes da Libras, o que justifica o quanto é indispensável à formação docente nessa modalidade de ensino.

A utilização de sequências didáticas também possibilita uma aprendizagem significativa, como pode ser percebido nos estudos de Fernandes e Freitas-Reis, publicado no ano de 2017, ao aplicar esse recurso na intervenção de alunos em escolas estaduais de Minas Gerais para explicar alguns componentes curriculares da química, como balanceamento das equações químicas, reações químicas e estequiometria, utilizou uma série de atividades, como a experimentação, por meio da formação de sólidos, figuras imagéticas, massinha de modelar e palitos, além de bolinhas de isopor, com o intuito de proporcionar o entendimento dos níveis submacroscópico a submicroscópico da matéria e suas respetivas reações.

O jogo didático dos autores Ferreira e Nascimento (2014) é um recurso que contribuiu para o desenvolvimento da aquisição cognitiva dos surdos de uma forma produtiva, ele corresponde a um processo de avaliação desses alunos pertencente a uma turma de 3° ano do ensino médio. Concordando com o que dizem os autores Cavalcanti e Soares (2010), o jogo pode ser usado com função lúdica ou educativa, a função lúdica proporciona ao usuário a recreação, distração e divertimento, já a função educacional proporciona a aquisição de conceitos que auxiliarão o usuário em sua compreensão de mundo, os autores ainda frisam, que se o aspecto lúdico sobressair o educacional, não haverá ensino, somente jogo. Portanto,

se o aspecto educacional predominar mediante o lúdico, elimina-se a diversão. Todavia, quando o equilíbrio entre as duas funções é atingido, tem-se um jogo educativo com grande potencial para ensinar um conceito químico, por exemplo, como forma de romper com as barreiras das dificuldades construídas pelos alunos aproximando o assunto a sua realidade.

O jogo aplicado por Ferreira e Nascimento (2014) se caracteriza pela utilização de perguntas e respostas e um conjunto de cartas com questões de múltipla escolha, voltadas ao assunto de química orgânica, onde o objetivo era dar a volta em torno do tabuleiro com base nas respostas corretas, a aplicação do jogo aconteceu após o assunto em questão ter sido ministrado pelo professor, neste caso aconteceu como atividade avaliativa para todos os presentes na turma, ouvinte ou não ouvintes, ao final da atividade lúdica pode-se observar a pouca ou até mesmo nenhuma interação dos alunos ouvintes com os alunos surdos, pela falta de domínio e do desconhecimento literalmente da língua de sinais o que dificulta a interação em sala de aula, que registra outro marco forte quanto à exclusão desses alunos.

Quanto a vertente de averiguação pertencente a estudos direcionados para as dificuldades do ensino de química para surdos 33,3% desenvolveram suas pesquisas com relação ao déficit de ministrar aula a esses alunos. Destacando que a falta de sinais específicos para conceitos da química, e a escassez de trabalhos acadêmicos nessa área, são justamente as limitações tratadas nos artigos que mostram a decadência do processo de ensino para incluir esses na educação brasileira, que mesmo com uma política educacional para todos, sabe-se de sua deficiência em proporcionar um ensino de livre acesso e significância.

Estudos de Sousa e Silveira (2011) apontam que as principais dificuldades para o ensino de química utilizando a Libras estão na quantidade reduzida de terminologias que representem conceitos, símbolos e equações próprias da disciplina, levando o interprete a criação de sinais improvisados e que não garantem a continuidade da aprendizagem caso ocorra mudança de profissionais. Os autores referendam estas informações ao realizar um estudo de intervenção com intérpretes em uma escola de Goiânia através do uso de sinais a partir do dicionário e perceberam a necessidade de formação docente adequada para ministrar aulas referentes à disciplina de química e o quanto seria importante um trabalho com conjunto professor/intérprete para o desenvolvimento de novos sinais, já que esse não possui conhecimento voltado a essa ciência.

Os autores Ferreira e Nascimento (2014), voltam novamente seus estudos para o ensino de química a alunos surdos, através de uma revisão bibliográfica dos resumos das Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química, enfatizando as dificuldades no ensino dessa ciência, a qual tem simbologia própria, justificando a ausência de uma língua comum

entre professor e aluno surdo e as reflexões negativas no desempenho desses alunos dos resumos encontrados (LACERDA; GÓES, 2000). Dos resumos encontrados apenas 11 dos mais de 1900 traziam a temática do ensino de químicas a alunos surdos.

A coleta de dados dos resumos publicados na Associação Brasileira de Química foi feita no site da associação e apresentava resumos produzidos entre os anos de 2002 e 2012, que estabelece critérios que argumentem a criação de trabalhos e o resultado final dos que podem estar relacionados aos critérios de investigação, que é a inclusão do aluno surdo no ensino de Química, esses resumos foram analisados a nível regional sendo desclassificados os quais não se relacionavam ao critério de análise, mostrando a escassez e o quanto ainda é precária a inclusão de alunos não ouvintes no ensino de Química.

Dos artigos encontrados 16,7% estão classificados nas duas vertentes de averiguação, como é o caso dos estudos de Pereira e Benite (2011) que apresenta o problema por meio de questionários semiestruturados aplicado com professores, intérpretes e alunos, e em seguida traz a proposta pedagógica instigando a metodologia visual como meio preponderante para a inclusão dos surdos. O assunto proposto para ser trabalhado foi à atomicidade usando cartazes confeccionados a mão pelos próprios alunos, representando os modelos atômicos, em seguida propõe os gibs como metodologia, onde esses foram modificados com o objetivo da aula planejada sobre os modelos atômicos.

Em síntese, por meio da revisão bibliográfica dos artigos da revista “Química Nova na Escola”, e a pouca quantidade de trabalhos publicados relacionados ao ensino de Química, para alunos surdos, se torna perceptível a pouca presença desses alunos nesse contexto, ou seja, a presença de surdos na educação básica ainda é limitada mesmo com avanços educacionais e tecnológicos, evidenciado nos textos por fatores fortes e persistentes, tendo a comunidade surda já conquistada vários espaços relacionados ao direito à educação e ao uso de sua língua natural, a Libras (FERREIRA; NASCIMENTO, 2014).

Ressalta-se também que sobre a educação para surdos a nível profissionalizante ou superior não foi encontrada em nenhum artigo, o que é mais preocupante ainda, porque se fala em inclusão sem gerar as devidas condições para sua ocorrência, essa pouca quantidade de alunos surdos no ensino médio ou superior pode esta estritamente ligada às series inicias, pois elas marcam um passo decisivo desses alunos para ingressarem nos seguintes níveis educacionais seguintes, pois é quando se deve haver a aquisição da Língua Brasileira de Sinais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nesta pesquisa bibliográfica é possível afirmar a escassez de pesquisas que versem sobre a inclusão dos alunos surdos no processo de ensino- aprendizagem da química. Portanto, tal temática ainda deixar a desejar quanto aos estudos desenvolvidos para suprir com esse déficit, evidenciado pela pouca quantidade de estudos publicados no periódico da Revista Química Nova na Escola. Esse número reduzido de trabalhos encontrados é preocupante, pois mesmo os surdos tendo todos os direitos cruciais que defende-os para obter sua formação como individuo ativo na sociedade, a alfabetização científica, como o ensino de química não é um assunto bem direcionado a pesquisas que supram as dificuldades persistentes no ambiente educacional.

Embora em pequena quantidade, foi possível identificar que existem sim métodos pedagógicos pautados na linguagem visual-gestual que permitem mediar o conhecimento dessa disciplina a esses alunos, e as dificuldades mais frequentes para lecionar em sala de aula inclusiva, assim como a falta de formação docente para auxiliar e minimizar o desconforto desse aluno em sala de aula por não fazer uso da fala.

Logo, torna-se necessário o desenvolvimento e divulgação de mais trabalhos voltados a essa abordagem, pois tais publicações são fundamentais para os docentes ainda em formação, para contribuir em seu aperfeiçoamento quanto a sua presença em uma sala de aula heterogênea, sendo essa heterogeneidade composta não somente por alunos com necessidades especiais, mas também com diferentes necessidades de aprendizado.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** Tradução: Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro, São Paulo. Ed 70, 2016.

BARBOSA, F. V.; MARQUES, J. G. T; TEMOTEO, J.G. **Libras EaD- aulas práticas**. Universidade de São Paulo-USP. e-aulas 2015. Disponível em: <https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=6088>. Acessado em: 13 de maio de 2019.

BENITE, A. M. C. et al. **Parceria colaborativa na formação de professores de Ciências:** a educação inclusiva em questão. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14, Curitiba. Anais... Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2008.

BRASIL. **Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. (2002).** Disponível em: Acesso em: 12 de novembro. 2018

BRITO, L. F. **Integração social e educação de surdos**. Rio de Janeiro: Babel, 1993.

FAMULARO, R. “Intervención del intérprete de lengua de senas/lengua oral em el contrato pedagógico de la integración”. In: SKLIAR, C (org.). **Atualidade da educação bilíngue para surdos**. Porto Alegre: Mediação, 1999.

FERNANDES; J. M. FREITAS-REIS; I. Estratégia didática inclusiva a alunos surdos para o ensino dos conceitos de balanceamento de equações químicas e de estequiometria para o ensino médio. **Revista Química Nova na Escola.** Vol. 39°, N° 2, p. 186-194, Maio de 2017.

FERREIRA, W. M.; NASCIMENTO, S. P. F.; PITANGA, A. F. Dez Anos da Lei da Libras: Um Conspecto dos Estudos Publicados nos Últimos 10 Anos nos Anais das Reuniões da Sociedade Brasileira de Química**. Química Nova na Escola**, v. 36, n. 3, p.185-193, 2014. 010.

FERREIRA; W. M. NASCIMENTO; S. P. F. Utilização do jogo de tabuleiro-ludo- no processo de avaliação da aprendizagem de alunos surdos. **Revista Química Nova.** Vol. 36, N° 1, p. 28-36, Fevereiro de 2014.

FREITAS, M.A.E.S. A aprendizagem dos conceitos abstratos de ciências em deficientes auditivos. **Ensino em Revista**. v. 9, n. 1, jul. 2001.

JUNIOR, G. C. **Variação linguística em língua de sinais brasileira, foco no léxico**. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Instituto de Letras, Departamento de Linguista, Português e Línguas Clássica, Formação de Pós-Graduação em Linguística, Brasília, 2011.

LACERDA, C. B. F.; GÓES, M. C. R. (org.) **Surdez:** Processos Educativos e Subjetividade. São Paulo: Editora Lovise, 2000.

LACERDA, C. B. F. **Um pouco da história das diferentes abordagens na educação dos surdos.** Cad. CEDES [online]. Vol.19, N°.46, 1998.

LUCENA, T. B. D. e BENITE, A. M. C. O ensino de química para surdos em Goiânia: um alerta! In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA**, 30, São Paulo. Livro de Resumos, São Paulo, 2007.

MACHADO, R. B. **Ensino de Química: a inclusão de discentes surdos**. 2006 84folhas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas de Saúde, Programa de Pós- Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica, Porto A legre, 2016.

MENDONÇA; N. C. S. OLIVEIRA; A. P. BENITE; A. M. C. A. O Ensino de Química para alunos surdos: conceitos d misturas no Ensino de Ciências. **Revista Química Nova na Escola.** Vol. 39, N° 4, p. 347-355, Novembro de 2017.

PEIXOTO, R. C. Algumas considerações sobre a interface entre a língua brasileira de sinais (Libras) e a língua portuguesa na construção inicial da escrita pela criança surda**. Cad. Cedes, Campinas**. Vol. 26, N° 69, p. 205-229, Maio de 2006.

PEREIRA; L. L. S. BENTE; P. C. R. BENITE; A. M. C. Aula de química e surdez: sobre interações pedagógicas medidas pela visão. **Revista Química Nova na Escola.** Vol. 33. N° 1, Fevereiro 2011.

PERLIN, G. Identidade Surda e Currículo. In: LACERDA, C. B. F de; GOES, M. C. R de. (Org.). **Surdez:** Processos educativos e subjetividade. São Paulo: Louvise, 2000.

PFEIFER, P. Ouça todos os surdos. **Revista Veja**. N° 46, Novembro, 2017.

PIMENTEL, A. H.; ARAÚJO, E. R.; LEIPNITZ, L. Análise lexical da terminologia química em libras: proposta de organização de um glossário baseado em corpora**. Cultura e Tradução.** Vol. 5, N° 1, 2017.

PINTO, F. B. O silencioso despertar do mundo surdo brasileiro. **Revista de História e Estudos Sociais,** Vol.3, N°2, junho de 2006.

QUADROS, R. e KARNOPP, L. **Língua de sinais brasileira:** estudos linguísticos**.** Porto Alegre: ARTMED, 2004.

RODRIGUES DA LUZ, E**. O ensino de química para surdos:** uma análise a partir da triangulação de dados. Anápolis, Fevereiro, 2016.

SACKS, O. **Vendo Vozes uma viagem ao mundo dos surdos.** Ed - Editora Schwarcz ltda, 1990.

SKLIAR, C. A. **Surdez:** um Olhar Sobre as Diferenças. Porto Alegre: Editora Mediação, 2005.

SOUSA, S. F.; SILVEIRA. H.E. Terminologias Químicas em Libras: a utilização de sinais na aprendizagem de alunos surdos. **Revista Química Nova na Escola**. Vol.33, N°1, fevereiro de 2011.

VALENTINI, C. B. BISOL, C. A. **Inclusão no Ensino Superior:** especificidade da prática docente com estudantes surdos. Caxias do Sul: Educs2012.

VYGOTSKY, L.S. **Fondamenti di difettologia**. Roma: Bulzoni, 1986

ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM QUÍMICA: DESENVOLVENDO FICHAS DE EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA COM O USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

Everton Vieira da Silva[1]
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira[2]
Egle Katarinne Souza da Silva [3]
Francisco Antonio Mabson Henrique Lopes [4]

RESUMO

O Estágio Supervisionado é etapa que possibilita vivenciar e compreender a rotina do ambiente de trabalho e na docência, essa aquisição favorece no desenvolvimento do perfil pedagógico que será construído através dos métodos de ensino adotados para a disseminação da aprendizagem. Além disso, o estágio é contribuidor para as escolas que recebem esses discentes em formação, pois compreende-se que os estagiários estão motivados não apenas para com a formação pessoal, mas também com a potencialização do processo ensino-aprendizagem da instituição contemplada com o programa de estágio. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é descrever as observações e vivências durante o Estágio Curricular Supervisionado em Química II, bem como desenvolver duas Fichas de Experimentação Investigativa utilizando materiais alternativos para serem aplicadas durante a etapa de regência. O processo metodológico para alcançar os objetivos, consistiu na revisão da literatura sobre estágio supervisionado, ensino de química e experimentação investigativa, além disso, a turma do 2º Ano do Ensino Médio composta por 25 alunos pertencente a Escola Cidadã Integral Professor Crispim Coelho em Cajazeiras PB foi observada durante as aulas de química. Essas atividades contribuem ativamente no bom desempenho do estágio, fortalecendo e potencializando a aprendizagem da química aos alunos participantes, fomentando a formação cidadã, através do ensino mais prático e próximo da realidade.

Palavras-chave: Estágio; Formação e Prática Docente, Licenciatura em Química.

INTRODUÇÃO

No processo de ensino aprendizagem vários fatores contribuem para que ocorra sucesso na propagação de um ensino de qualidade, dentre esses, destaca-se o desempenho do professor, pois este é o mediador da construção do conhecimento em sala de aula, e desta forma, precisa

[1] Professor Doutor do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, evertonquimica@hotmail.com;
[2] Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, gutidantas12@gmail.com;
[3] Mestranda em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, eglehma@gmail.com;
[4] Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, mabsonlopes21@gmail.com;

estar bem preparado e capacitado para exercer sua função com autonomia. Nesse sentindo, é relevante que o docente tenha uma formação significativa durante o curso de licenciatura, e umas das etapas fundamentais é o estágio supervisionado.

Nesse período de formação em um curso de licenciatura, é oportunizado ao acadêmico aprender, vivenciar e praticar das ações que competem a um professor, tornando assim relevante o seu bom desempenho e comprometimento com a prática de ensino. Portanto, é no estágio supervisionado que as características profissionais do discente vão surgindo, ou seja, será a partir do conhecimento do campo educacional que o estudante irá desenvolver suas metodologias de ensino para abordar os conteúdos e compreender que na educação é necessário está se reinventando a cada dia (RODRIGUES, 2017; DANIEL, 2009).

Nessa perspectiva, torna-se relevante destacar a participação de todos componentes envolvidos no estágio, sendo: a Escola, a Universidade e o Estagiário. Esse comprometimento corrobora com um bom desempenho do discente, pois ele enquanto estagiário estará sobre avaliação e recebendo orientações de como proceder em determinadas situações, e deste modo, desenvolver seu potencial profissional com atribuições significativas e contribuir com a melhoria da educação, com metodologias inovadoras, dinâmicas e atraentes para os alunos (PASCHOALI, 2018).

Em especial, no Curso de Licenciatura em Química, o estágio torna-se artifício fundamental no desenvolvimento de aulas práticas. Sendo assim, é proeminente que o estagiário busque no período de regência, metodologias que envolvam a experimentação, pois é um recurso altamente colaborador para o ensino de química, e assim, o professor oferece aos alunos uma apropriação dos conteúdos para uma melhor compreensão através da visibilidade do assunto, ou seja, na utilização de atividades experimentais como forma de investigar, compreender e materializar seus conceitos teóricos.

Em contrapartida, percebe-se que em muitas intuições que oferecem o ensino regular, não apresentam adequações para que se realize uma atividade experimental, por isso, é necessária a busca de outros meios, que torne possível o desenvolvimento da experimentação em determinados coanteúdos da química. A utilização de materiais alternativos para experimentação no ensino química, é um instrumento que apresenta atribuições capazes de potencializar a aprendizagem do aluno, tendo em vista que esses materiais estão presentes no cotidiano dos discentes ou na maioria deles (DANTAS FILHO; SILVA; COSTA, 2017).

Destarte, o presente trabalho tem como objetivo externar as observações e vivências durante o Estágio Supervisionado em Química II, do curso de Licenciatura em Química do Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de

Cajazeiras PB, bem como, elaborar duas fichas de experimentação investigativa utilizando materiais alternativos, com a finalidade de serem aplicados durante as etapas de regência

Para compreender melhor a estruturação deste trabalho, o mesmo está sistematizado em três tópicos, sendo o primeiro a revisão de literatura com fundamentações a cerca do objeto, buscando as principais questões que o norteiam e torne-o relevante. O segundo consiste no delineamento metodológico do estudo, na perspectiva de orientar os caminhos a serem seguidos na pesquisa, bem como os instrumentos para coleta e análise de dados. O terceiro apresenta as análises e discussões dos resultados obtidos a partir do objetivo proposto.

A IMPORTÂNCIA DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA FORMAÇÃO DOCENTE

O Estágio Supervisionado agrega-se como uma disciplina fundamental na formação profissional, independe da área de futura atuação. Nos cursos de licenciatura, a relevância do estágio se dá por oportunizar a vivência no espaço escolar, de modo que o discente (futuro professor) possa conviver e compreender as diversas situações recorrentes do cotidiano educacional, e com isso desenvolver métodos que possam ser aplicados às situações diversas encontradas no cotidiano escolar (SCHROEDER; PUNTEL, 2016; MONTENEGRO et al., 2014).

É nesse período de estágio que o aluno de licenciatura pode colocar em prática os conhecimentos teóricos construídos ao longo da formação acadêmica. Por isso, é importante que ele seja desenvolvido com o acompanhamento do orientador e supervisor, para que o discente em formação desenvolva atribuições significativas para atuar com qualidade durante o seu período profissional, e deste modo contribuir para melhoria da educação em vários aspectos, criando assim sua identidade docente, apresentando suas próprias metodologias de ensino, capacidade de domínio de sala e outras características próprias que são de fundamental importância para prática docente (SOUZA; SANTOS; VALADARES, 2018).

Nessa perspectiva, Saldanha et al. (2018), destaca em seu trabalho que o estágio supervisionado permite ao discente realizar intervenções no ambiente escolar, além de proporcionar a familiarização com alunos, professores e todos aqueles que compõe o espaço educacional. Já para Santos, Vieira e Santos (2018), o estágio estimula o desenvolvimento de diversas competências, destacando-se: o aprofundamento do conhecimento da área de atuação; a preponderância em metodologias e técnicas hábeis e diligentes na transposição didáticas; a atualização das transformações científicas, sociais, tecnológicas e ambientais.

Além de apresentar vários aspectos positivos quanto à formação docente, o estágio de uma forma geral agrega significativamente com a escola, ou seja, esse processo configura-se com retribuições tanto para a formação do acadêmico como também para formação cidadã dos alunos da escola que recebe o estágio, pois acredita-se que o estagiário traz consigo metodologias inovadoras que favorecem aulas dinamizadas e mais participativa, tendo os alunos como protagonista da construção do conhecimento (LIMA; PIMENTA, 2006).

Para compreender a relevância que o estágio apresenta no processo de formação docente, é apresentado no trabalho Silva e Gaspar (2018), que trata justamente sobre o estágio supervisionado nos cursos de formação de professores, os autores destacam a importância da execução desse componente curricular, que além de contribuir para a formação profissional do aluno é determinado pela Lei 11.788 a sua obrigatoriedade.

DESAFIOS E CONTRIBUIÇÕES DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA FORMAÇÃO DOCENTE

Lima (2008) faz uma reflexão em seu trabalho sobre o estágio na formação de professores, é destacada a relação entre escola e universidade muitas vezes é deixada de lado à aproximação entre as instituições, que possuem valores, objetivos imediatos, culturas e relação de poder diferentes, estando o estagiário entre esses dois campos distintos buscando o aprimoramento profissional. Esse aprimoramento acaba sendo enfraquecido, devido a essa incompatibilidade de realidade entre as instituições formadoras, agravados pelo fato do estagiário desconhecer as relações estabelecidas pelas instituições e as pessoas que transitam entre elas.

Nesse contexto, compreende-se que a relação universidade-escola interfere diretamente na progressão do estágio, evidenciando a importância dessa relação estar em harmonia. Ou seja, que haja uma aproximação dos objetivos com o estagiário entre as instituições, mas o fato é quem tomará iniciativa para que ocorra essa compatibilidade de interesses? Esses aspectos são previstos, pois uma parte considerável de docentes de cursos de licenciatura não teve sequer a experiência de atuação na educação básica, corroborando com uma relação frágil entre escola e universidade fragmentando a qualificação do estágio (LÜDKE, 2009).

O estágio é muitas vezes considerado como parte prática da teoria vista ao longo do curso, porém não é exatamente assim que se procede, essa atuação deve estar associada com a teoria, ou seja, a relação teoria e prática é algo indissociável no estágio. Para que esse paradigma ocorra Lima e Pimenta (2006, p. 07) apontam em sua obra que:

> É necessário explicitar os conceitos de prática e teoria e como compreendemos a superação da fragmentação entre elas a partir do conceito de práxis, o que aponta o desenvolvimento do estágio como atitude investigativa, que envolve a reflexão e a intervenção na vida da escola, dos professores, dos alunos e da sociedade.

De acordo com o que foi supracitado, o estágio deve desenvolver-se em uma perspectiva de unificação entre as apreciações prática e teórica. Essa aproximação de conceitos é possibilitada a partir das ações desenvolvidas em sala de aula, sendo realizadas investigações sobre a realidade da vivência escolar.

Em alguns cursos, o estágio consiste em três etapas, sendo a primeira a observação, agregando-se como contato inicial entre estagiário e escola, dando início a construção da relação interpessoal entre sujeitos com realidades distintas. A segunda etapa é o planejamento de regência, onde os estagiários junto com o professor orientador irão desenvolver metodologias que contribuam para uma aula bem sucedida, a terceira e última etapa é a regência em sala de aula, no qual é oportunizado ao estagiário a construção de sua transparência didática, ou seja, permitirá que ele tenha as primeiras experiências de como se procede a atuação docente (SILVA; SCHNETZLER, 2011).

Em síntese, o estágio supervisionado é fundamental para a construção do saber docente. É nele que há o primeiro encontro entre os sujeitos professor-aluno, a *priori* não é perceptível à relação pessoal que existe entre esses componentes da sala de aula, no qual cada um traz consigo uma realidade, conhecimentos prévios, interesses e objetivos distintos, com isso, evidencia a importância de conhecer a realidade do ambiente escolar na formação docente, algo no qual é proporcionado pelo estágio supervisionado (BACCON; ARRUDA, 2010).

ESTÁGIO SUPERVISIONADO: A PERSPECTIVA DO ENSINO DE QUÍMICA NO 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

Uma das perspectivas do estágio supervisionado é que o estagiário apresente em sala aula metodologias inovadoras, na virtude de buscar o interesse do aluno. Nos Cursos de Licenciatura em Química, espera-se que nesse período prático de propagação de ensino, o discente possa apresentar a Química de maneira experimental, contextualizada e investigativa aos seus alunos, na medida em que os mesmo possam compreendê-la não mais como uma "vilã" das disciplinas, mas como uma ciência que contribua para resolução de problemas relacionados ao cotidiano e a sociedade em geral.

Nesse contexto, Oliveira e Nascimento (2019, p. 05), afirmam que "o estágio nos cursos de licenciatura em química é um momento de ressignificação e aplicação prática dos saberes específicos aprendidos na graduação. Em sua realização caracterizará o crescimento de ambas as partes do conhecimento, alinhando prática e teoria". Sendo assim, torna-se necessário envolver tantos os aspectos práticos e teóricos e com isso promover uma aprendizagem significativa aos alunos, apresentando várias alternativas para desempenhar a construção do conhecimento.

Dentre essas alternativas de promover um ensino com maior perspectiva de aprendizagem, pode-se destacar a experimentação investigativa, nela é possível despertar no aluno a capacidade de propor hipóteses sobre determinadas circunstâncias, ou seja, permitir que o discente trace sua ideia de como proceder o experimento através da investigação e problematização causadas pela proposta do experimento, tendo em vista que esse pode ser feito através de materiais alternativos, tornando assim mais próximo da realidade cotidiana do aluno.

Com isso, é abordado no trabalho de Cruz et al. (2016, p. 168) a necessidade de mudança na forma de ensinar química, apresentado da seguinte forma:

> Pouco tem sido mudado com relação aos conteúdos abordados nos livros-texto, fazendo com que os estudantes questionem os motivos pelos quais a matéria é ensinada. Com isso, mudanças têm sido propostas para promover uma transformação no ensino da química. Uma forma para dinamizar as aulas é a variação de técnicas de ensino, utilizando, por exemplo, experimentos, jogos e outros recursos didáticos.

De acordo com o que foi abordado, pode-se inferir que o estagiário de química deve buscar propostas inovadoras de ensino para que possa vivenciar diversas estratégias de ensino e com isso obter uma formação qualificada, consequentemente tornando-se um profissional capacitado na área, que busca sair daquele ensino tradicionalista no qual desmotiva o aluno a aprender química, para o um ensino mais motivador e formador, favorecendo uma formação cidadã atuante por parte do aluno.

Nesse sentindo, no que se diz respeito aos conteúdos abordados no 2° ensino médio, os alunos tem a oportunidade de estudar assuntos como termoquímica, as leis dos gases, entre outros.

A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

No Ensino de Química, o desenvolvimento de uma atividade experimental não resume apenas na execução do experimento, mas também na investigação e questionamento sobre os fenômenos que ocorrem nos processos, e a experimentação investigativa proporciona o acontecimento desses processos.

De acordo com Solino (2018), desenvolver uma experimentação investigativa consiste em elaborar uma situação problema, para que possa ser discutida entre os alunos, juntamente com os conhecimentos prévios relacionados ao conteúdo e a problemática proposta. Devem-se realizar buscas de informações como forma de fundamentar-se e compreender mais sobre o assunto e após todas essas discursões o discente deve desenvolver o experimento com o auxílio do professor e fazer o levantamento de hipóteses sobre os fenômenos ocorridos.

Provocando mais a discussão sobre a experimentação investigativa, Gouveia et al. (2018, p. 571) destaca-a da seguinte forma:

> A experimentação investigativa, por sua vez, é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a discussão, a reflexão, as ponderações e as explicações, de forma que o aluno compreenda não só os conceitos, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência.

Portanto, é nesse sentido que a experimentação investigativa propicia uma aprendizagem significativa ao aluno, pois o instiga a refletir sobre as causas provenientes dos experimentos relacionando com seu cotidiano, considerando que o mesmo seja planejado de modo contextualizado.

Em conseguinte, para desenvolver uma atividade com as características mencionadas, não precisa necessariamente haver um laboratório sofisticado ou com requisitos básicos, mas pode ser desenvolvida com o uso de materiais alternativos, como já foi discutido. Esses instrumentos de fácil acesso e obtenção corroboram de diversas maneiras no desenvolvimento do ensino de química de modo experimental (DANTAS FILHO; SILVA; COSTA, 2017).

METODOLOGIA

Desenvolver trabalho na área de educação é fortalecer as perspectiva na melhoria do ensino, com propostas, ideias, técnicas, diversas ferramentas que fomentam e potencializam o ensino. Nesse sentido, a natureza deste trabalho configura-se como aplicada, pois apresenta proposta para um ensino de química de forma experimental e contextualizada. No que se refere aos objetivos pode ser classificada como exploratória, já que busca compreender as

contribuições da experimentação investigativa através de materiais alternativos (LÜDKE; ANDRÉ, 2013).

Em consonância, o desenvolvimento do presente trabalho deu-se na Escola Estadual Cidadã Integral Professor Crispim Coelho, localizada na Cidade de Cajazeiras PB, com uma turma do 2º Ano do Ensino Médio. A turma em questão é composta por 25 alunos com uma faixa etária na média de 16 anos de idade, a maioria são do sexo feminino com 15 alunas e 10 alunos do sexo masculino.

Compreende-se que para realização de um trabalho acadêmico é necessário recorrer a revisão de literatura, na busca de informações sobre o objeto de estudo e contribuir nos caminhos a serem seguidos na execução do trabalho. Sendo assim, realizou-se busca em quatro bases de dados acadêmicas, sendo elas: Química Nova na Escola, Periódico Capes, *Scielo*, *Google* Acadêmico, entre outros meios. As palavras-chaves utilizadas para as pesquisas foram Estágio supervisionado, Ensino de Química e materiais alternativos, além disso, as publicações teriam que ser dos últimos três anos.

Após os estudos iniciais de revisão de literatura, como forma de compreender apropriou-se das observações do Estágio Supervisionado para entender o perfil da escola e dos alunos, pois partindo dessas análises foi possibilitado traçar uma metodologia de ensino que adequasse à realidade da instituição. Obteve-se as informações através das fichas de observações, que ocorreram entre os dias 12 de abril de 2019 à 31 de maio de 2019.

As fichas de observação consistiam em destacar o planejamento do professor supervisor, as estratégias para abordagem do assunto, bem como os procedimentos instrucionais empregados, anotava-se também o envolvimento da turma nas atividades, classificando em excelente, bom, regular e insuficiente; além desses pontos, registravam-se os aspectos que mais chamou atenção. Vale ressaltar, a estruturação das fichas foi baseada no Manual de Estágio Supervisionado Química Licenciatura – EAD (OLIVEIRA, 2016).

Ao termino das observações em sala, iniciou-se o planejamento para execução da regência. Nesse processo buscaram-se metodologias que abordagem o Conteúdo de Gases em uma perspectiva experimental e com materiais alternativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações e Vivências do Estágio Supervisionado

As vivências durante o periodo de estágio possibilitou conhecer fenômenos recorrentes do âmbito escolar, como as relações e comportamentos de professores, alunos, direção,

prosissionais de limpeza e da segurança, enfim, todos aqueles que compoeem a escola, diante disso, percebe-se a importância do período de observação, porque possibilita conhecer e traçar métodos que assemelha com a realidade da instituição, levando em consideração as condições oferecidas para a prática de ensino.

Nessa direção, constatou-se que a Escola Cidadã Integral Professore Crispim Coelho, apresenta uma estrutura física com adequações siginificativas para a propagação do ensino, especificamente para o Ensino de Química. Essa constatação pode ser observada a partir das Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Laboratório de Ciências da ECI Professor Crispim Coelho



Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 2 – Laboratório de Ciências da ECI Professor Crispim Coelho



Fonte: Autoria Própria (2019)

As condições de trabalho é um aspecto contribuidor para o desenvolvimento das atividades quec ompetem ao profissional, na educação, uma ecola com infraestrutura, recursos e materiais favoraveis, possibilita a propagação de ensino com mais qualidade, pois o professor poderá apropriar-se de ferramentas possibilitandaleo o desenvolvimento de metodologias inovadoras. A escola em questão, possui condições significativas para o processo de ensino aprendizagem, em especial no ensino de ciência, como pode ser observado nas figuras acima.

No entando, muitas escolas brasilerias infelizmente não apresentam atribuições estruturais que potencialize a sua oferta de ensino, Sila e Souza (2014) relatam os problemas que as escolas poussem, como a auxência de serviço básicos, falta de laborátorios, biblioteca, materiais didáticos, entre outros aspectos importantes na manutenção de um ensino de qualidade, e deste modo, revela a necessidade de buscar meios alternativo para preocedencia das metodologias planejadas.

É de suma importância o planejamento de qualquer atividade que pretende-se desenvolver em sala de aula, para isso, torna-se apropiador comprender as caracteristicas dos alunos que participarão da atividade, pois cada estudante apresenta sua personalidade, perspectivas, aquisições de forma diferente. Nesse contexto, a turma de ocorrencia do estágio caracteriza-se da sequinte forma: Quanto ao comportamento observado dos alunos é consideravelmente satisfatório, pois respeitam uns aos outros e com relação à vestimenta, é uma exigência da direção escolar que usem fardamento, porém nem todos cumprem essa determinação e acabam não utilizando.

Outro aspecto que vale salientar com relação aos alunos, é a utilização de celular, a escola apresenta uma rede de *wi-fi* no qual os alunos possuem a senha de acesso, porém percebe-se à utilização desse recurso sem finalidades educativas, tendo um importante recurso mal aproveitado.

Proposta de uma Atividade Experimental Investigativa: Compreendendo os efeitos da Chuva Ácida e a Lei dos Gases de Boyle

Com o intuito de responder os objetivos proposto por este trabalho, tomamos como base teórica as produções acadêmicas produzidas por Almeida et al, (2018), tratando sobre a relevância de abordar os temas transversais na construção do conhecimento; Castro (2018) destaca o aluno como sujeito da aprendizagem e Loreto (2017) aborda na sua obra o aluno com autonomia nas tomadas de decisões, partindo dos conhecimentos desenvolvidos na escola.

Dessa maneira, desenvolveram-se duas Fichas de Experimentação Investigativa que pudessem ser aplicadas em turmas do 2º Ano do Ensino Médio, com a utilização de materiais de fácil obtenção, tornando sua viabilidade potencializada. O experimento faz uma abordagem ao conteúdo de Gases, trazendo uma problemática ambiental sobre a Chuva Ácida.

Para Almeida et al. (2018), tratar as questões ambientais no ensino de química é muito compensador, pois além de favorecer na aprendizagem do aluno acerca do conteúdo promove também, a abertura de discussões de temas transversais que envolvem não apenas os alunos e sim a sociedade em geral. Essa abordagem torna-se relevante devido ao fato de que o aluno não é apenas um sujeito da escola, mas um ser de interação com o mundo, criando-se relações de vínculos com sentidos e significados, e partindo disso a aprendizagem construída na escola pode ser compartilhada com todos que o norteia, contribuindo assim a propagação do conhecimento (CASTRO, 2018).

Favorecendo com essa discussão, Loreto (2017), descreve no seu Trabalho de Conclusão suas concepções sobre a aprendizagem em Química. O autor destaca que o Ensino de Química deve propiciar aos alunos autonomia nas tomadas de decisões, que os mesmos possam ser capazes de avaliar e propor ideias fundamentadas nas apreensões das transformações químicas que advêm de maneira prescindida e integralizada com o mundo físico.

Nesse contexto, no Quadro 01 é apresentada uma ficha de experimentação investigativa sobre o estudo dos gases, tendo como problemática principal a Chuva Ácida, que possibilita a realização de um experimento de forma mais contextualizada, saindo de um ensino pragmático e muitas vezes sem estimulação, para a investigação dos fatos decorrentes das ações humanas, tornando-se sujeitos atuantes na aprendizagem no qual o professor irá "a penas" mediar à aula experimental.

Quadro 01 – Um estudo sobre Gases abordando a Chuva Ácida

FICHA DE EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA

Tema: Um estudo sobre os Gases

Situação Problema: Há muito tempo a humanidade vem poluindo a natureza com suas ações, os avanços industriais e automobilísticos cresceram nas últimas décadas e consequentemente a poluição atmosférica. A emissão de gases poluentes como os óxidos de Enxofre e Nitrogênio tem proporcionado o surgimento de fenômenos como a Chuva Ácida, que prejudica a fertilização do solo, destruição de plantações, rios e até os monumentos construídos pelo o homem. Nesse sentindo como poderíamos simular os efeitos causados pela chuva ácida?

Conhecimentos Prévios: Compreender as concepções dos alunos a respeitos do estudo dos gases, através de indagações como: O que vocês compreendem por um Gás? Onde os gases estão presentes no nosso cotidiano? Quais os benefícios e malefícios que os gases podem trazer? Poderiam citar um exemplo de um Gás? Quais os gases causadores da chuva ácida? Por que a chuva ácida ocorre

Informações: Instigar os alunos a pesquisarem sobre a problemática da atividade com o intuído de compreendê-la com mais propriedade, identificando onde se dá sua ocorrência, quais os fatores que contribuem para que ocorra e como podemos evitá-la. Após as pesquisas sugerir um debate onde cada um colocara sua concepção sobre a Chuva ácida.

Atividade Experimental: A proposta da atividade é simular o processo da Chuva ácida, para isso, o professor terá que apresentar os materiais necessários para execução dos experimentos e mediá-los, de modo que os alunos possam realizar a partir das discussões em sala. Os materiais consistem em:

Um pote de Vidro, Uma flor, Enxofre, água, arame, uma colher, uma vela e isqueiro. O Procedimento consiste em adaptar a colher na tampa do pote vidro, em seguida acoplar a flor no lado de dento do pote e em seguida inserir um pouco de água no pote, por fim, depositar uma pequena quantidade de enxofre na colher e aquecer até a formação de fumaça, tampar o pote e observar o que acontece. **Levantamento de Hipótese:** Nesta etapa, pode ser sugerido que os alunos apontem suas deduções sobre o experimento, bem como a elaboração de um pequeno texto descrevendo suas compreensões em torno do problema, e apresentem sugestões de como podemos lhe dar com tal situação.

Fonte: Autoria Própria (2019).

De acordo com Costa (2018), a experimentação investigava apresenta característica que sobressai sobre outros métodos de abordagem, demonstrativa e verificativa, pois coloca o aluno como sujeito atuante nas tomadas de decisões. Como pode ser observado na Ficha de Experimentação 01, a proposta consiste em o discente desenvolver um experimento simulando o fenômeno da chuva ácida com os materiais que lhe foram apresentado, ou seja, precisará investigar, pesquisar, buscar informações sobre como desenvolver a experimentação e é desse modo que a experimentação investigativa configura-se, com a resolução de problemas e levantamento de hipótese constituída pelas ações do aluno.

O Quadro 02, a ficha de experimentação aborda um estudo sobre a Lei dos gases na perspectiva da Lei de Boyle. O experimento é de caráter alternativo, ou seja, adota materiais de fácil obtenção favorecendo sua viabilidade e de certo modo fomentando e potencializando a construção do conhecimento, como afirma Chrispino (1989, *apud*, LORETO, 2017, p. 47) "a utilização de materiais alternativos e de baixo custo aplicados a experimentos de química dos níveis fundamental e médio, pode contribuir de uma maneira significativa na aprendizagem do aluno".

Quadro 02 – Um estudo sobre a Lei dos Gases de Boyle.

FICHA DE EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA
Tema: Lei dos Gases (Boyle) **Situação Problema:** Os gases estão presentes no nosso cotidiano de diversas formas e suas propriedades variam de acordo com sua Pressão, Volume, Temperatura e Quantidade de Matéria. Essas variações podem correlacionar-se, e explicar alguns questionamentos recorrentes do nosso dia a dia. Dentre eles, pode-se destacar o fato de que um pneu de bicicleta apresentar uma pressão maior comparado a um pneu de carro. Nesse sentido, de que modo podemos explicar essa situação?

Conhecimentos Prévios: É importante trabalhar com os conhecimentos prévios dos alunos, por isso para estimular que eles exponham o que sabem sobre o assunto alguns questionamentos precisam ser feitos, como: O que são substâncias gasosas? Quais as diferenças de sólido, líquido e gasoso? Como o gás pode

Informações: Nessa etapa, é interessante sugerir que os busque em *sites* de pesquisa.

Atividade Experimental: A Atividade consiste em explicar de forma prática a Lei dos Gases em um sistema isotérmico adotado por Boyle. Esse sistema consiste em manter a temperatura constante e variação de pressão e volume, para foram designados materiais alternativos, sendo uma ampola de injeção não usada, uma bexiga e uma Tesoura. O experimento consiste em fazer uma pequena bola que possa ser inserido na ampola, em seguida tampar a saída de ar da ampola e exercer uma pressão sobe ela, observando assim a alteração que acontece.

Levantamento de Hipóteses: Nesta etapa, pode ser sugerido que os alunos apontem suas deduções sobre o experimento, bem como a elaboração de um pequeno texto descrevendo suas compreensões em torno do problema, e apresentem sugestões de como podemos lhe dar com tal situação.

Fonte: Autoria Própria (2019)

São muitas as vantagens apresentadas pelas fichas de experimentação de investigativa, Menezes (2018) apresenta alguns fatores relevantes, sendo a organização da atividade experimental, a problematização de determinados assuntos, a valorização do conhecimento prévio do aluno e o mesmo sendo protagonista na execução do experimento, ou seja, intensificando a aprendizagem do aluno. Esses aspectos podem ser observados no Quadro 02, com a problematização da Lei de Boyle, no qual o aluno precisará desenvolver um experimento com os materiais proporcionados de modo a explicar o assunto proposto.

Pode-se perceber a efetivação da experimentação investigativa a partir da participação dos alunos, os mesmo mostraram interesse em contribuir com o desenvolvimento das atividades, alguns destacaram em nunca terem realizado um experimento em sala de aula e a forma no qual o assunto foi abordado colaborou na compreensão do mesmo, esse fato evidencia a importância de um estágio com metodologias que busca despertar a participação dos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que é no Estágio Supervisionado que as características profissionais docente começam a surgir de forma prática, no desenvolvimento de metodologias, no domínio do conteúdo e da turma. Desse modo, torna-se evidente a relevância do bom desempenho nesse

período do curso de formação, etapa no qual são vivenciadas as primeiras impressões com a comunidade escolar regular, conhecendo os mais diversos desafios diários de um professor.

Por isso, procurar desenvolver nas aulas de estágio metodologias que desperte o interesse dos alunos, como faz as atividades experimentais, favorecerá para uma boa formação e, conseguinte para um ótimo profissional da educação, com perspectivas de desenvolver as metodologias inovadoras adotadas durante o estágio.

Ensinar química é materializar através das experimentações os conceitos e fenômenos teorizados. Pode-se perceber neste trabalho, como está descrito nas fichas de observações, as possibilidades de desenvolver essa materialização, utilizando coisas simples e que geralmente estão presente no cotidiano do aluno, que de certa forma contribui para contextualização das ideias.

É nesse contexto que a experimentação investigativa se insere, tendo o aluno como sujeito ativo no processo de construção do conhecimento. As possibilidades de aprendizagem nesse método de ensino são significativas, já que instiga o aluno a pensar, investigar, levantar hipóteses sobre as transformações que ocorrem em um processo químico, e além disso favorecer para a contextualização dos assuntos abordados. As fichas de Experimentação desenvolvidas nesse trabalho, compreendem as características mencionadas, apresentando propostas inovadoras e de fácil execução, no que se diz respeito a utilização de materiais de simples obtenção.

Por fim, vale salientar a importância da aproximação entre universidade e escola, pois para um estágio mais proveitoso, qualificado, relevante para a formação docente e consequentemente com a educação brasileira, essas instituições precisam ter uma participação mais efetiva e comprometida com o desempenho do estágio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Juliano da Silva Martins et al. Conscientização ambiental no ensino de química: abordagem do tema resíduos na agricultura. **Ciclo Revista**, v. 3, n. 1, 2018.

BACCON, Ana Lúcia Pereira; MELLO ARRUDA, Sergio de. Os saberes docentes na formação inicial do professor de física: elaborando sentidos para o estágio supervisionado. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 507-524, 2010.

CASTRO, Elza Vidal de. **Formação continuada de docentes da educação básica: construindo e reconstruindo conhecimentos na prática pedagógica (LASEB)**. Autêntica, 2018.

CHRISPINO, Álvaro. Ensinando química experimental com metodologia alternativa. **Química Nova**, V.12, nº2, (1989).

CRUZ, Antônio A. C et al. A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica. **Química nova na escola**, v. 38, n. 2, p. 167-172, 2016.

COSTA, Givanildo Freire da. **Experimentação Investigativa Utilizando Materiais Alternativos: Uma Proposta Didática Para O Ensino E Aprendizagem De Química**. 2018. 55*f.* Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba - 2018

DANIEL, LUANA AMOROSO. **O professor regente, o professor orientador e os estágios supervisionados na formação inicial de futuros professores de Letras**. Universidade Metodista de Piracicaba, 2009.

DANTAS FILHO, Francisco Ferreira; SILVA, G. N.; COSTA, A. S. Processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases com a inserção da experimentação utilizando a temática sabão ecológico. **HOLOS**, v. 2, p. 161-173, 2017.

GOUVEIA, João Victor Vieira Silva et al. Correlacionando a teoria com a prática usando experimentação no ensino de química. **Ciclo Revista**, v. 3, n. 1, 2018.

LIMA, Maria Socorro Lucena. Reflexões sobre o estágio/prática de ensino na formação de professores. **Revista Diálogo Educacional**, v. 8, n. 23, p. 195-205, 2008.

LIMA, Maria Socorro Lucena; PIMENTA, Selma Garrido. Estágio e docência: diferentes concepções. **Poíesis Pedagógica**, v. 3, n. 3 e 4, p. 5-24, 2006.

LORETO, S, C. **As atividades experimentais no contexto dos docentes de química em uma escola da rede pública: avanços e recuos possibilitados pela prática.** 2017. 120*f.* Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Pampá, *Campus* Bagé, 2017.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. Rio de Janeiro: EPU, 2013.

LÜDKE, Menga. Universidade, escola de educação básica e o problema do estágio na formação de professores. **Formação Docente–Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores**, v. 1, n. 1, p. 95-108, 2009.

MENEZES, Jean Michel dos Santos et al. **Atividades experimentais investigativas no ensino de propriedades coligativas: possibilidades para aprender significativamente**. 2018. 103*f.* Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas. 2018.

MONTENEGRO, Patrícia C. A et al. O estágio na formação de professores: Visão discente. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, 2014.

OLIVEIRA, Lueny Amorim de; NASCIMENTO, Antonia Gomes do. A importância do estágio supervisionado na formação dos acadêmicos do curso de licenciatura em química do IFMA campus Zé Doca. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 5, p. 3981-3994, 2019.

OLIVEIRA, Patrícia M. de. **Manual de Estágio Supervisionado Química Licenciatura – EAD**. Universidade Federal dos Vales do Joaquim e Mucuri. Diretoria de Educação Aberta e a Distância, Diamantina – MG, 2016. Disponível em: <http://www.ead.ufvjm.edu.br/wp-content/uplods/2016/manual-estgio-quimica-verso-04-de-setembro.pdr.> Acesso em: 02 de Maio de 2018.

PASCHOALI, D, R. **Processos interativos articulados ao estágio de docência: implicações para a aprendizagem de conhecimentos profissionais e de conteúdos escolares no ensino normal médio.** 2016. 149*f*. Dissertação de Mestrado - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul Unijuí, 2016.

RODRIGUES, J, N. **A importância do estágio supervisionado para a formação docente**. 2017. 36*f*. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba, 2017.

SALDANHA, Larissa de Souza et al. Experiências de estágio: A pirâmide alimentar como recurso didático no ensino de biologia e química. **Amazônica-Revista de Psicopedagogia, Psicologia escolar e Educação**, v. 22, n. 2, Jul-Dez, p. 350-362, 2018.

SANTOS, Elaine Fernanda dos; VIEIRA, Mayane Santos; SANTOS, Sindiany Suelen Caduda dos. Ser professor/a: a importância da prática pedagógica do estágio supervisionado no ensino de ciências, Aracaju/SE. **Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, v. 11, n. 1, 2018.

SCHROEDER, Daniel Felipe; PUNTEL, Geovane Aparecida. Relato de experiência e de vivência no estágio supervisionado em geografia IV. **Anais do Salão de Ensino e de Extensão**, p. 239, 2016.

SILVA, Andréia Ferreira da; DE SOUZA, Antônio Lisboa Leitão. Condições do trabalho escolar: desafios para os sistemas municipais de ensino. **Cadernos de pesquisa**, v. 43, n. 150, p. 772-787, 2014.

SILVA, Haíla Ivanilda; GASPAR, Mônica. Estágio supervisionado: a relação teoria e prática reflexiva na formação de professores do curso de Licenciatura em Pedagogia. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 99, n. 251, 2018.

SILVA, Rejane Maria Ghisolfi da; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Estágios curriculares supervisionados de ensino: partilhando experiências formativas. **EntreVer-Revista das Licenciaturas**, v. 1, n. 1, p. 116-136, 2011.

SOLINO, Ana Paula; SASSERON, Lúcia Helena. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, 2018.

SOUZA GRAÇA, Ariel de; SANTOS, Janaine Almeida Souza dos; VALADARES, Bruno Lassmar Bueno. O minicurso como ferramenta no ensino de genética-um relato de experiência no contexto do estágio supervisionado. **Scientia Plena Jovem**, v. 5, n. 2, 2018.

ESTRATÉGIA VINGADORES – UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA PARA TRABALHAR A QUÍMICA DOS COMPOSTOS HALOGENADOS A PARTIR DE UM JURI SIMULADO.

Ana Paula Freitas da Silva [1]

RESUMO

A necessidade de tornar o Ensino de Química mais interessante e produtivo, tem promovido a busca por estratégias que permitam trabalhar a química de forma contextualizada, de forma que o aluno perceba a aplicação desses conteúdos no seu cotidiano. Por esta razão, o presente trabalho teve por objetivo analisar como o júri simulado contribuiu para a aprendizagem da química dos compostos halogenados, a partir de um caso fictício de assassinato, envolvendo personagens da franquia Marvel, em uma turma do curso de Licenciatura em Química, na disciplina de Química Orgânica I, da Universidade Federal de Pernambuco/ Campus do Agreste. O trabalho é uma pesquisa de qualitativa, onde foram utilizados como instrumento de coleta de dados, o diário de bordo produzido pelos grupos e os materiais construídos pelos grupos. Após a análise dos resultados pode-se observar que o júri simulado é uma estratégia eficiente para contextualizar conteúdos de química, de forma que o aluno consiga fazer correlações entre o que foi estudado e a aplicação desses conteúdos na elaboração dos argumentos utilizados no júri, bem como nas respostas para suas inquietações pessoais e do cotidiano. Além disso, houve uma melhora na relação professor-aluno, pois o júri simulado permitiu uma maior interação entre as partes, visto que era necessário discutir a melhor estratégia e argumentos a serem utilizados no julgamento. A turma também relatou que por conta do júri foi necessário realizar pesquisas sobre o conteúdo de química e suas aplicações, o que permitiu um conhecimento maior sobre os halocompostos.

Palavras-chave: Júri Simulado, Vingadores da Marvel, Compostos Halogenados.

INTRODUÇÃO

O ensino de química muitas vezes é tido como um ensino tradicional, onde os alunos são desmotivados por um ensino do tipo recepção/transmissão, onde a memorização e a mera repetição de conteúdos são considerados suficientes para que o aluno consiga responder as avaliações e os exames aos quais precisa se submeter. Os docentes alegam que na maioria das vezes, são obrigados a cumprir uma carga horária e conteúdo excessivo, o que torna as aulas apenas um momento de transmissão de conteúdo e não de aprendizagem. Deste modo, o discente não é qualificado para obter sucesso profissional e nem melhoria na sua qualidade de vida, causando desmotivação quando não são capazes de responder suas inquietações e necessidades (LEÃO, 2007).

[1] Doutora pelo Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, apfslima@gmail.com.

Por esta razão, muitos discentes descrevem a química como uma ciência distante, sem correlação com o cotidiano e cujo conteúdo deve ser memorizado (De CHIARO, 2017). Diante deste cenário, a busca por novas e eficientes estratégias que contribuam de forma significativa para a aprendizagem, têm promovido mudanças constantes no processo de ensino. Entendendo que o ensino é o resultado das relações de acompanhamento da aprendizagem dos estudantes, do conhecimento aprofundado do assunto a ser ensinado e das técnicas didáticas que empregará faz-se necessário uma atualização das práticas pedagógicas vigentes (BORDENAVE; PEREIRA, 1982). Segundo Pimenta e Anastasiou (2002), o método de ensinar e fazer aprender (ensinagem) depende da visão de ciência, do conhecimento e do saber do professor, o que evidencia a necessidade de não somente ter o conhecimento, mas saber transmiti-lo de forma eficiente, para que este possa ter significado para o aluno.

Visando tornar a sala de aula mais motivadora e dinâmica, muitos docentes vêm utilizando estratégias de ensino que visam sair do "tradicional", onde o aluno apenas recebe o conhecimento, para aulas que permitam ao discente agora ser protagonista de seu processo de aprendizagem. É necessário repensar as práticas pedagógicas de forma que estas possam ser atualizadas, proporcionando assim um ambiente de sala de aula mais dinâmico e motivador, de forma que os alunos possam desenvolver habilidades cognitivas, aprendendo de uma maneira diferente, ressignificando e consolidando os velhos e novos conhecimentos. É importante ressaltar que isso só será possível se o docente estiver apto a atuar de forma mais efetiva durante o processo de ensino, eliminando assim as amarras do ensino tradicional (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013).

Muitas são as novas estratégias pedagógicas que estão postas na literatura e que servem como ponto de partida para que os docentes possam selecionar e adaptar aquela que melhor se adequa a sua sala de aula e a sua práxis. É importante ressaltar que não existe a melhor metodologia ou estratégia de ensino, existe sim a melhor estratégia ou metodologia que mais se adequa a sala de aula e ao conteúdo que precisa ser ministrado, bem como ao perfil do docente.

Independente da estratégia utilizada é importante que o aluno seja estimulado a desenvolver um pensamento crítico, bem como a argumentação de forma que possa agora responder suas inquietações, sendo capaz de construir o seu conhecimento. O processo argumentativo precisa ser estimulado para que o aluno perceba que é capaz de criar estratégias de construção, que lhe permitam correlacionar os conteúdos que lhe são apresentados na sala de aula com suas inquietações e situações de seu cotidiano.

É importante que durante o processo de ensino/aprendizagem, o aluno seja capaz de construir suas respostas, argumentos e contra-argumentos para que assim possa discutir e defender o seu ponto de vista ou teoria.

Por este motivo deve-se estimular estratégias/metodologias que permitam ao aluno construir seus argumentos agora baseados não somente em seus conhecimentos prévios, mas também no conhecimento que foi pesquisado e cuja as relações com a temática estudada agora fazem sentido. Pensar num ensino de química que contenha atividades que promovam a argumentação e a investigação talvez seja um dos grandes desafios do ensino moderno. Para isso é necessário que os docentes estejam aptos e disponíveis para trabalhar com diversas metodologias, para que assim possa estimular no aluno o protagonismo para o seu processo de aprendizagem.

Dentre as metodologias que favorecem o processo argumentativo está o Júri Simulado, que segundo Anastasiou (2009) pode ser considerada uma estratégia que se utiliza de problemas reais para os alunos, e que por meio de argumentos de defesa e acusação, realizam análises e avaliações de fatos com objetividade e competência. Além disso, o júri simulado destaca-se pelo fato de que possibilita a realização de várias operações de pensamento, como argumentação, análise de senso crítico, levantamento de hipóteses e tomada de decisões, que juntas dão significado ao conteúdo aprendido.

Outro ponto relevante para o uso do júri simulado é o fato de que este permite que os conteúdos sejam trabalhados de forma contextualizada, conforme preconiza Brasil (1998):

> *"...contextualizar o conteúdo significa assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. Na escola, o conhecimento na maioria das vezes é reproduzido e acaba sendo uma transposição didática, na qual a linguagem joga papel decisivo. Contextualizar é o recurso que a escola tem para tirar o aluno da condição de espectador passivo. Contextualizar evoca e mobiliza competências cognitivas já adquiridas."*
>
> *(BRASIL, 1998, p.41)*

Partindo do pressuposto que muitos conteúdos científicos estão relacionados com problemáticas do cotidiano do aluno, é possível utilizar a estratégia do júri simulado para trabalhar temáticas como poluição, aditivos químicos, alimentos transgênicos, questões éticas, morais, fatos históricos que podem ser associados a conceitos das mais diversas áreas. Desta forma, o aluno pode discutir e criar argumentos baseados em novos conteúdos que podem ser adquiridos através de leituras complementares e discussões, permitindo que estes passem a ter um novo significado, contribuindo assim para a resolução de novos problemas no seu cotidiano (OLIVEIRA; SOARES, 2005).

Uma das áreas que vem utilizando o júri simulado como estratégia pedagógica é a química, visto que é possível selecionar conteúdos diversos e correlacioná-los com temáticas do cotidiano, trabalhando não somente conteúdos de química, mas também questões sociais, culturais e valores da sociedade (KUCHLA; SOUZA, 2017).

A estratégia do júri simulado permite que o ensino de química seja mais dinâmico e contextualizado, de forma que o aluno consiga criar novas relações entre o conteúdo aprendido, seu conhecimento prévio e as problemáticas do seu cotidiano; além de permitir ao docente contribuir para a formação de cidadãos capazes de se posicionar diante das discussões atuais e polêmicas da sociedade (LEÃO, QUARTIERI; MARCHI, 2013).

Utilizar o júri simulado como estratégia de ensino exige algumas etapas de organização, a saber:

- Escolha do tema e do conteúdo de química que será trabalhado com a turma;
- Elaboração do caso fictício;
- Definição dos atores – defesa, acusação e juízes;
- Distribuição do caso – 15 dias anterior a data do júri;
- O dia do júri simulado.

O júri simulado é a etapa principal da atividade, pois será possível analisar os argumentos que foram construídos por cada ator; bem como, as relações que foram organizadas a partir da contextualização dos conteúdos químicos com a problemática que está sendo discutida. Para iniciar as discussões são postas regras que devem ser seguidas por cada grupo de atores, são elas:

- Defesa e acusação terão inicialmente 20 minutos para expor seus argumentos, podendo apresentar documentação e testemunhas que podem ser interrogadas por ambas as partes; durante esta etapa cada grupo pode realizar 3 “protestos” com o objetivo de evitar que a teoria que está sendo apresentada seja aceita pelos juízes;
- Após a exposição inicial, defesa e acusação terão 10 e 5 minutos que serão utilizados para a réplica e tréplica de ambos, respectivamente. Durante a réplica são permitidos 3 “protestos” e na tréplica não é permitido nenhum tipo de interrupção;
- Finalizada as falas da acusação e defesa, os juízes irão se reunir e deliberar sobre quem ganhou o julgamento. Nesta etapa, cada juízes irá apresentar aos dois grupos qual o seu voto e o embasamento químico/teórico que foi utilizado para tal escolha.

Considerando o júri simulado como uma estratégia de ensino, é importante traçarmos parâmetros que permitam avaliar a contribuição deste para o processo de aprendizagem, seja através de diário de bordo, análise do discurso ou analisando as novas relações que foram construídas a partir das discussões e do material escrito que foi construído pelos atores, como base para as suas argumentações durante o julgamento.

Diante deste cenário, o trabalho em questão teve por objetivo analisar como o júri simulado contribuiu para a aprendizagem da química dos compostos halogenados, a partir do assassinato do personagem *Visão* (Marvel) pelo Peter Parker, conhecido como *Homem-Aranha* (Marvel), em uma turma do curso de Licenciatura em Química, na disciplina de Química Orgânica I. É importante ressaltar que as questões lúdicas foram cruciais para o desenvolvimento do júri, pois permitiu que os compostos halogenados fossem discutidos a partir de um caso fictício, envolvendo personagens que fazem parte do imaginário dos alunos.

Outro fato importante é que os aspectos lúdicos também permitiram uma maior integração entre os alunos, o que favoreceu a construção de uma aprendizagem coletiva, gerando novos significados para os conteúdos apresentados durante a argumentação do julgamento. Além disso permitiu uma maior integração entre os alunos da turma, o que gerou discussões sobre o tema em questão favorecendo a uma condição de aprendizagem colaborativa.

Esta aprendizagem pode ser considerada um dos ganhos promovidos pela estratégia de ensino júri simulado visto que um dos objetivos era promover integração de forma que os alunos pudessem discutir e argumentar entre si, levando assim a construção dos argumentos que seriam utilizados pela defesa ou acusação.

METODOLOGIA

A pesquisa utilizada neste trabalho é qualitativa, pois busca interpretar argumentos e colocações sobre os diferentes contextos dos participantes, não utilizando dados estatísticos como o centro do processo de análise do problema (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Pernambuco, Campus do Agreste na cidade de Caruaru/PE, em uma turma do curso de Licenciatura em Química do 5º período. A escolha desta turma ocorreu pelo fato do conteúdo de Halocompostos está no currículo da disciplina de Química Orgânica I, que é ofertado no 5º período.

O trabalho em questão tem por objetivo analisar a construção das relações realizadas pelos alunos entre o conteúdo de compostos halogenados e o caso fictício com personagens da franquia Marvel. O trabalho foi desenvolvido em três etapas, a saber: 1. Elaboração do caso fictício, 2. O júri simulado e 3. Análise dos argumentos.

Foi selecionado para trabalhar essa metodologia uma turma do curso de Química Licenciatura do Campus do Agreste da UFPE contendo 22 alunos. A mesma foi dividida em 3 grupos, juízes (8 alunos), defesa (7 alunos) e acusação (7 alunos). O júri simulado foi dividido em três etapas, a saber:

Etapa 1. Elaboração do caso fictício – considerando que o conteúdo referente a química de compostos halogenados é considerado um dos menos interessante pelos alunos, decidiu-se utilizar a metodologia do júri simulado como forma de estimular o estudo e a compreensão deste conteúdo. Entendendo que a aprendizagem se torna mais eficiente quando se trabalha os conteúdos de forma contextualizada optou-se por utilizar como pano de fundo o júri simulado, com personagens da Marvel Visão e o Homem Aranha, membros dos Vingadores, que fazem parte do cotidiano e do imaginário dos alunos.

A partir deste contexto foi criado um caso de homicídio/assassinato, onde o assassino utilizou as propriedades físico-química e farmacológicas de composto halogenados para promover a morte da vítima. Para que a acusação e defesa pudessem construir suas teorias e seus argumentos foram entregues a seguinte documentação: petição, laudo necropcial, histórico de saúde e formulário de óbito. Após a entrega desta documentação as partes tiveram 20 dias para discutir e trabalhar nos argumentos/documentação/testemunhas que seriam apresentados no dia do júri simulado. A petição que foi entregue aos grupos está descrita a seguir.



PETIÇÃO

EXCELENTÍSSIMO SENHOR DOUTOR JUIZ DE DIREITO DA VARA CRIMINAL DA COMARCA DE ASGARD.

Ref. nº 9617/2018

Revisão Criminal. Descaracterização de crime de envenenamento

Promovente: *Thanos*

Thanos, nascido na lua de Titã, solteiro, supervilão, residente na Via Láctea, por intermédio de seu advogado, que subscreve *in fine*, mandato incluso, com escritório profissional localizado à Rua das esmeraldas, 324, cidade de Filadélfia, Pennsylvania, vem, mui respeitosamente, à presença de Vossa Excelência ajuizar a presente REVISÃO CRIMINAL, com fulcro no art. 621, Código Penal de Asgard e pelas razões de fato e de direito que a seguir expõe:

Da Causa de Pedir Remota

O requerente foi acusado de ter cometido o crime capitulado no art. 121, § 2º, III, CPB (homicídio consumado e qualificado mediante meio cruel) em face da vítima Visão, cujo cadáver apresentava indícios de envenenamento por compostos organoclorados, que foi encontrado em grande quantidade no local do crime.

A denúncia foi recebida e processada perante a Vara Única do Tribunal do Júri da Comarca de Asgard e, ao final, foi condenado pelo delito supracitado, lhe sendo imposta a pena de 35 (trinta e cinco) anos de reclusão. Foi interposto pela defesa um Recurso de Apelação com fundamento no art. 593, III, *d*, Código Penal de Asgard contudo, julgado improcedente pela 3ª Câmara Criminal do STF. Foram manejados Embargos de Declaração c/c Efeitos Modificativos contra o acórdão, também julgados improcedentes.

Após a ocorrência do trânsito em julgado, Thanos foi recolhido à prisão em regime fechado já por conta da execução do julgado condenatório. Sucede que, dois meses após sua prisão, eis que a família de Thanos descobre que o laudo utilizado no processo apresenta inconsistência. Thanos maneja Ação de Justificação Criminal requerendo a oitiva do médico legista.

Dos Fundamentos Jurídicos:

A presente ação tem como objetivo revisar o crime e a condenação que lhe foi imposta. De acordo com o art. 121 § 2º, III, Código Penal de Asgard, a aplicação da pena é injusta, haja vista que o referido dispositivo dispõe;

Art. 121. Matar alguém:

(...)

§ 2º Se o homicídio é cometido:

(...)

III - com emprego de veneno, fogo, explosivo, asfixia, tortura ou outro meio insidioso ou cruel, ou de que possa resultar perigo comum;

Desta forma, levando em consideração que a inocência do promovente foi provada, que a suposta morte foi decorrente de uma reação alérgica e não de um ato previamente organizado com o intuito de promover o óbito da vítima em questão, nem havia prova clara e concreta de seu envolvimento no crime, a condenação do réu e consequentemente a pena aplicada a ele não são justas.

Nesta vertente, vale salientar que a conduta tipificada no artigo supramencionado remete ao ato de "Matar alguém", o que, de acordo com os autos da ação de Justificação Criminal, constante nos anexos, não aconteceu, haja vista que a vítima não foi morta pelo requerente, mas sim por uma reação alérgica ao gás que vasava de sua geladeira.

Caso este Tribunal não entenda pela inocência do requerente, vale enfatizar que a condenação que pesa sobre ele é de crime consumado, que por circunstâncias alheias à sua vontade, foi consumado. Neste caso, não se pode aplicar ao condenado uma pena de homicídio consumado, pois o mesmo não foi responsável pela ação/ato que levou à morte do senhor Visão.

Buscando o cumprimento da justiça, cumpre a modificação da sentença anterior, uma vez que, de acordo com o art. 14 do Código Penal:

Art. 14 - Diz-se o crime:
I - Consumado, quando nele se reúnem todos os elementos de sua definição legal;
II - Tentado, quando, iniciada a execução, não se consuma por circunstâncias alheias à vontade do agente.

Sendo assim, de acordo com o inciso II do artigo supramencionado, a tipificação que melhor se adequa realidade dos fatos é a agreção física. Sendo assim, a pena de homicídio qualificado consumado deve ser modificada, haja vista que não se conseguiu atingir o seu objetivo no momento do fato.

Das Pretensões:

Ex positis, requer à Vossa Excelência que se digne:

I. Intimação do ilustre representante do Ministério Público para apresentação do competente parecer;
II. Intimação do ilustre representante do Médico legista responsável pelo atestado de óbito do para apresentação do competente parecer;
III. Julgar procedente a referida exordial, acatando a descaracterização do crime consumado para a agressão física e reduzindo a pena de dois a três terços;

Termos em que,
Pede e espera deferimento.

Caruaru, 11 de junho de 2018

Dr. Dad Pull
Advogado -OAB/Asgard

Fonte: O autor (2018)

Etapa 2. O júri simulado – passado os 20 dias de preparação foi iniciado o júri simulado. Inicialmente foram apresentadas as regras que deveriam ser seguidas pela defensoria e procuradoria, foram elas: a. Cada ator (defesa/acusação) teriam inicialmente 15 minutos para fazer a explanação de seus argumentos, sem serem interrompidos. Em seguida, cada grupo teria 10 e 5 minutos que seriam utilizados como réplica e tréplica, respectivamente. Durante este tempo, poderiam questionar os argumentos que estavam sendo expostos, como também acrescentar novas provas e arguir testemunhas. Finalizada esta etapa de explanação, os jurados

se reuniram e baseados nos argumentos apresentados e nos documentos contidos no processo, elaboraram um parecer técnico justificando com base nos conteúdos químicos e nos argumentos, informando qual o ganhador do júri simulado.

Etapa 3. Análise dos argumentos – a análise dos argumentos utilizados pela defesa e acusação foi baseado na apresentação das teses e na forma como os argumentos e contra-argumentos foram apresentados. É importante ressaltar que foi tomado como referência, a coerência dos argumentos e contra-argumentos, as relações criadas entre a *causa mortis* e a ação do composto halogenado, os contra-argumentos utilizados para refutar a argumentação das partes e a forma como o conteúdo químico foi apresentado e discutido durante o julgamento e a criatividade utilizada pelos grupos para criar suas teorias, argumentos e provas.

Foram também analisados os materiais construídos pela defesa e acusação, usando como critério de análise a relação do conteúdo químico dos halocompostos com a *causa mortis* do indivíduo, como também a química dos halocomposto que foi apresentada e discutida nos argumentos de cada grupo. Os resultados obtidos e analisados serão discutidos na próxima secção.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O uso do júri simulado como ferramenta auxiliar ao processo de ensino de química tem se mostrado uma estratégia eficiente pois permite que conteúdos de química, considerados de difícil compreensão ou de pouca aplicabilidade, sejam trabalhados de forma satisfatória na sala de aula. Além disso, tem promovido uma quebra de paradigmas, quando permite que o conteúdo seja não somente transposto do livro para a sala de aula, mas sim discutido, contextualizado e aplicado no dia a dia do aluno (Oliveira e Soares, 2005).

Baseado neste contexto, foi proposto a turma a estratégia do júri simulado para trabalhar a química dos compostos halogenados a partir do julgamento do Peter Parker (Homem Aranha) pelo suposto assassinato do Visão. É importante ressaltar que ao propor esta estratégia, é necessário que a contextualização seja baseada não somente no cotidiano dos alunos, mas também no uso do lúdico, neste caso os personagens da Marvel que fazem parte do imaginário de uma geração.

Esta preocupação é decorrente do fato, de que sair da metodologia dita tradicional não é apenas propor algo diferente, mas sim propor uma estratégia que possa atrair, motivar e permitir que os discentes sintam que fazem parte do contexto proposto. Por esta razão foram

selecionados personagens da franquia Marvel que atualmente reúne uma legião de fãs, que frequentam as nossas salas de aula.

Ao apresentar a proposta a turma, a mesma achou muito interessante, pois até aquele momento numa haviam participado de um júri simulado com aquele contexto tão diferente. Os alunos questionaram como seria feito o julgamento e como eles deveriam articular os personagens, o conteúdo químico e o assassinato proposto. Passado o "susto" inicial, a turma começou a propor estratégias e argumentos que eles deveriam utilizar para ganhar o caso em questão.

Pensando em contribuir para a aprendizagem colaborativa a turma foi dividida com base na numeração da chamada, para que evitasse a formação de "grupinhos" e assim todos os alunos pudessem interagir, contribuindo todos para a construção dos argumentos. Inicialmente os alunos não gostaram da divisão, mas ao finalizar o júri alguns relataram que a divisão foi muito interessante. Isto por que, eles puderam conhecer melhor alguns colegas de turma, ampliar as discussões e assim construir melhor os argumentos.

Todos os participantes do júri foram unânimes em concordar que essa estratégia é bastante motivadora, pois permitiu que eles utilizassem alguns conhecimentos prévios sobre os personagens da Marvel na construção de seus argumentos, conhecessem com maiores detalhes a química dos compostos halogenados e suas aplicações, bem como fez com que eles buscassem fontes externas ao material que foi entregue pela docente. Novamente fica evidente que o aluno precisa se sentir motivado para que assim possa atuar como protagonista de sua aprendizagem.

Outro ponto importante observado durante o júri simulado foi a integração entre os atores. Pode-se perceber que mesmo aqueles alunos que não tinham um convívio tão próximo, interagiram de forma positiva, tornando as relações entre os alunos mais colaborativas. Este fato foi relatado pelo aluno A1, quando disse:

> *"Não tinha tanta interação com determinados colegas de sala antes do júri, mas agora percebo que todos devemos interagir, pois cada indivíduo traz consigo uma experiência que pode ser compartilhada com todos, auxiliando assim a compreensão de determinados temas e conteúdos".*

Este relato, novamente confirma a necessidade de se trabalhar de forma colaborativa em sala de aula, pois assim é possível uma troca significativa de conhecimento e conteúdo que juntos motivam e contribuem para o processo de aprendizagem de cada indivíduo.

Outro ponto citado pelos alunos foi a necessidade de utilizar bibliografia complementar para construir os argumentos e compreender a petição que seria analisada por eles. Vale ressaltar que a petição foi escrita com base no português jurídico, o que levou os atores a

procuraram artigos desta área para compreender o que estava sendo exposto na petição, conforme descrito abaixo:

> Nesta vertente, vale salientar que a conduta tipificada no artigo supramencionado remete ao ato de "Matar alguém", o que, de acordo com os autos da ação de Justificação Criminal, constante nos anexos, não aconteceu, haja vista que a vítima não foi morta pelo requerente, mas sim por uma reação alérgica ao gás que vasava de sua geladeira.
>
> Caso este Tribunal não entenda pela inocência do requerente, vale enfatizar que a condenação que pesa sobre ele é de crime consumado, que por circunstâncias alheias à sua vontade, foi consumado. Neste caso, não se pode aplicar ao condenado uma pena de homicídio consumado, pois o mesmo não foi responsável pela ação/ato que levou à morte do senhor Visão.

Fonte: O autor (2019)

O texto acima é um recorte da petição que foi entregue aos atores para que pudessem a partir dele, construir a argumentação que seria utilizada no julgamento. Analisando o texto, percebe-se uma riqueza de termos jurídicos, que torna o texto não apenas contextualizado, mas também interdisciplinar, o que potencializa ainda mais as possibilidades de compreensão dos conteúdos que estão sendo trabalhados. Deste modo, pode-se por exemplo pensar em trabalhar o júri simulado em parceria com disciplinas como português e metodologia científica, que podem abordar conteúdo específico, como foi feito pela química.

Inicialmente os alunos relataram que tiveram algumas dificuldades para compreender alguns termos, mas que buscaram nos colegas de turma, em conhecidos da área jurídica e na literatura, instrumentos que auxiliassem na leitura e compreensão dos textos, conforme fala do Aluno 2:

> *" Ao começar a ler os textos senti grande dificuldade, pois os termos utilizados eram muito diferentes daqueles que usamos na química. No entanto, ao começar a lê outros artigos e em conjunto com o grupo conseguimos compreender e inclusive argumentamos com os mesmos termos jurídicos".*

Novamente percebe-se mais um ganho promovido por esta estratégia, que foi o trabalho interdisciplinar. No início houve resistência, mas ao final os alunos já haviam se apropriado dos termos jurídicos, conforme observado nos documentos entregues pelos grupos, como por exemplo:

> "Primeiramente, cumpre salientar que Thanos não possuía consciência da alergia da vítima à substância empregada no fato, cuja obrigação de relatar seria do próprio sujeito passivo. Ocorre que apesar da inconsistência na alegação do dolo no fatídico episódio que resultou na morte do Visão, a acusação coleciona aos autos, uma prova regada de vícios jurídicos, a começar pelas incoerências observadas, a saber: o laboratório responsável pelo laudo foi o Stark, que não poderia ter feito a análise, pois seu responsável tem parentesco com a vítima, visto que foi o responsável pela criação do Visão; outro ponto discordante é o fato do Visão nas fotos da autópsia aparecer de luvas o que inviabiliza a presença de fragmentos de pele do Thanos sob suas unhas."

Fonte: Grupo de defesa (2018)

Analisando os documentos entregues pela defesa, pode-se perceber que os mesmos utilizaram o português jurídico para expor sua argumentação, o que demonstra que eles se apropriaram desta ferramenta. Outro ponto relevante é o fato de criarem argumentos baseados nos fatos apresentados pela autópsia para inviabilizar algumas das provas que estavam sendo expostas pela acusação. Tiveram o cuidado de analisar todos os envolvidos no processo, como por exemplo, o perito criminal, no caso o Abraham Kennedy Simpson, um senhor de 83 anos, cuja a competência para avaliar o caso foi colocada em questionamento. O grupo também se baseou no relato de alguns amigos do perito Abraham para questionar a sua sanidade mental, conforme relato de uma testemunha, anexado ao processo e descrito a seguir:

> "Às vezes quando fala de seu tempo de juventude e nas duas guerras que lutou, ele cai no sono e nunca finaliza sua conversa. Em outras oportunidades ele conta histórias longas e incoerentes, apresentando às vezes um comportamento errático. Gosta de assistir julgamentos em Springfield e quando a decisão não lhe agrada, sugere que os acusados sejam mortos. Algumas vezes foi retirado do fórum por ficar gritando "Vamos matá-lo!!!!!"

O grupo argumentou que o perito não tinha condições físicas e emocionais de efetuar a referida perícia, visto que o mesmo já está aposentado há mais de 20 anos, e suas técnicas de análise são obsoletas e por isso questionáveis. Este argumento foi aceito pelos juízes e por isso a perícia foi retirada dos autos do processo. Este é mais um exemplo da boa construção de um argumento, pois neste caso o grupo da defesa foi capaz de refinar suas compreensões sobre a perícia, possibilitando que estes pudessem separar o que relevante do que é irrelevante, fazendo

agora conexões entre os contextos, ampliando o poder explicativo de seus conhecimentos (DE CHIARO, 2017).

Somado ao argumento exposto assim, a defesa também anexou uma solicitação do filho do perito Abraham Kennedy Simpson, o senhor Homer Jay Simpson, uma solicitação judicial para interdição de seu pai em virtude de seu comportamento senil, conforme descrito na solicitação a seguir:

> "Eu, Homer Jay Simpson, casado, residente em 742 Evergreen Terrace, Springfield, nos Estados Unidos, venho silicitar a internação do meu pai Abraham Kennedy Simpson, ex-veterano de guerra, para o Asilo de Springfield, Castelo de Aposentados de Springfield, pois não aguentemos e não temos mais condições emocionais de suportar suas longas histórias e devaneios sobre sua experiência sofrida na guerra."

Novamente foi possível observar através da solicitação descrita acima, que a defesa articulou os argumentos de forma que pudesse provar aos juízes que o laudo necropsial não podia ter sido realizado pelo senhor Abraham Kennedy Simpson, pois o mesmo não apresentava condições psicológicas para tal atividade. Essa análise, nos permite perceber que havia uma teoria proposta pela defesa, onde a mesma se preocupou em criar provas para que esta fosse comprovada evidenciando a construção de argumentos que fossem construídos não somente por circunstâncias, mas também por provas e depoimentos que acabaram por dificultar a ação da promotoria.

A promotoria apresentou como argumento principal de sua tese uma nota fiscal referente a compra de um "extintor de pó químico ABC 4Kg" que seria, segundo eles a fonte do halocomposto que provocou a morte do Visão. Também foi anexado ao processo um exame toxicológico comprovando que o halocomposto encontrado na corrente sanguínea do Visão era o mesmo do extintor comprado. Considerando que o extintor comprado pelo Thanos é o mesmo utilizado em carros e que não há nenhuma substância específica em sua composição e que o halocomposto encontrado, também pode ser encontrado em geladeiras antigas, os juízes consideraram que não havia como provar que o extintor comprado foi o mesmo utilizado. Outro ponto relevante, foi o fato de que na casa do Visão sua geladeira é antiga, contendo também o halocomposto encontrado em sua corrente sanguínea. Considerando esses fatos, a teoria da acusação foi desconstruída pela defesa, que apresentou muitos mais argumentos e contra-argumentos durante o debate em questão.

Deste modo, os argumentos propostos pela defesa foram aceitos pelos juízes, derrubando a teoria da acusação, conseguindo assim a descaracterização do crime em questão. Embora o objetivo da aplicação desta estratégia não tenha sido obter um ganhador, mas sim observar como os alunos construíram seus argumentos; bem como, elaboraram as relações entre o conteúdo de química (halocomposto) e o assassinato do Visão.

As discussões que ocorreram durante o júri permitiram que fosse observada a interrupção discursiva com ruptura e autocorreção, quando durante os momentos de "protestos", o grupo tinha que reorganizar seu discurso, mudando de estratégia, e em alguns momentos reconstruindo sua teoria de defesa/acusação com novos argumentos e provas. Este movimento pode ser caracterizado como sendo um movimento do tipo reconstrutor, previsto nos estudos de De Chiaro e Aquino (2013), quando relacionam as diferentes formas de interrupção discursiva com os movimentos metacognitivos.

Finalizada as discussões sobre as estratégias que os discentes utilizaram para construir os argumentos que foram utilizados no júri simulado, passamos a analisar os conteúdos químicos e as correlações que os grupos elaboraram para propor suas teses de defesa e acusação. A promotoria apresentou os clorofluorocarbonos (CFC's) como sendo o composto responsável pela morte do Visão, conforme descrito no texto a seguir:

> " É sabido que os clorofluorocarbonos (CFC's) são substâncias artificiais que foram por muito tempo utilizadas nas indústrias de refrigeração e ar condicionado, espumas, aerossóis e extintores de incêndio. Entretanto, na década de 1970, descobriu-se que estas substâncias destruíam a camada de ozônio (O_3) que circula a Terra e que nos protege da radiação ultravioleta. Esses compostos também são lipossolúveis, se acumulam nas gorduras dos organismos vivos, passando ao longo da cadeia alimentar, causando graves danos à saúde humana e dependo do nível de exposição pode causar a morte".

Fonte: Grupo da Promotoria (2018)

Analisando o texto acima, pode-se perceber que o grupo da promotoria conseguiu criar uma boa relação entre o conteúdo dos halocomposto, seus aspectos químicos e como ele pode atuar nos organismos vivos. Deste modo, foi possível relacionar o CFC como o possível responsável pela morte do Visão. O grupo também apresentou um cromatograma, onde eles discutiram a concentração de CFC na gordura do Visão. Neste caso, os alunos discutiram não

somente aspectos químicos, mas também o uso de técnicas avançadas de análise química, como prova para comprovação de seus argumentos.

Esse é um resultado bastante interessante, pois essa turma não havia pago nenhuma disciplina que discutisse o uso dessas técnicas de análise, porém entenderam a importância de buscar outros conhecimentos para confirmar sua teoria de acusação.

A defesa apresentou a ficha técnica do clorodifluorometano, um dos gases componentes do extintor de incêndio encontrado na casa do Visão. O grupo descreveu em detalhes as características físico-químicas, medidas de segurança e os riscos referentes à combustão e toxicidade. A partir destes dados, a defesa conseguiu articular argumentos que comprovaram a sua teoria, justificando que o extintor de incêndio não seria a única fonte do CFC.

Novamente este é um resultado relevante, pois o grupo conseguiu comprovar que haviam várias possíveis fontes de CFC e como ele atua no organismo humano, baseado nos dados químicos desta classe de compostos.

Somado a essas observações também foram analisados alguns parâmetros que entendemos ser relevantes para o uso do júri simulado, conforme proposto por Oliveira e Soares (2005), são eles:

Linguagem e personificação - Durante o júri simulado foi possível observar que os alunos haviam se empenhado em assimilar a linguagem jurídica; bem como apresentaram uma riqueza nos termos químicos utilizados. Foi possível observar que os grupos buscaram fontes diversas de pesquisa o que lhes permitiram discutir de forma clara e confiante suas teorias. Também se preocuparam em articular seus argumentos de forma a evitar que o grupo concorrente apresentasse contra-argumentos;

Interesse e ensino-aprendizagem – É importante ressaltar que a motivação ela só irá acontecer se o aluno perceber que a atividade proposta faz parte de sua realidade ou que esta pode lhe auxiliar na resolução de suas inquietações pessoais. Durante o júri, os alunos perceberam que os personagens faziam parte de seu imaginário, o que os levou a interagir e buscar argumentos, que foram em sua maioria baseados em conteúdos científicos, para substanciar suas teorias. O lúdico teve um papel primordial, quando permitiu que os alunos fizessem correlações entre o caso fictício proposto e o conteúdo de química. Outro ponto positivo é que eles conseguiram atuar como protagonistas no processo de construção dos argumentos e consequentemente do conhecimento que foi discutido e construído durante o júri;

Relação professor-aluno – Durante a elaboração do júri foi possível observar a consolidação de uma boa relação entre o professor e os alunos, pois estes passaram a discutir

mais as temáticas em sala de aula, bem como passaram a questionar mais sobre a aplicação de determinados conteúdos no seu cotidiano;

Aspecto disciplinar – Com relação a integração dos alunos, pode-se dizer que durante a aplicação do júri os alunos se envolveram amplamente na atividade visto que não somente o promotor e o defensor chefe articulavam as teorias, mas todos os grupos estavam atentos as discussões como também sugeriam novas estratégias e formas de apresentar os argumentos e os contra-argumentos.

Com relação a percepção dos alunos com relação a aplicação do júri foi solicitado que os mesmos expusessem sua opinião sobre a experiência vivida, onde deveriam expor os aspectos positivos e negativos da atividade. Esta solicitação foi baseada no fato de que entendemos ser necessário ouvir a avaliação dos alunos para entender como foi feita a construção dos argumentos e se esta estratégia é válida enquanto metodologia de ensino. Algumas falas passam agora a ser apresentadas:

Aluno 2 - "*Achei a experiência superinteressante e estimuladora, pois trabalhar uma temática nesta perspectiva estimula a socialização da turma, bem como a investigação. Na elaboração e apresentação das teses, o assunto em questão foi visto de forma contextualizada. Minha única queixa é em relação a pontuação, pois alguns grupos não conseguem atingir a pontuação máxima*";

Aluno 6 – "*O júri na disciplina nos permitiu relacionar os conceitos de química orgânica, em meio a uma audiência, nos proporcionando um aprofundamento na disciplina, além do desenvolvimento da argumentação*";

Aluno 15 – " *O júri acaba se tornando algo complementar e único na disciplina de orgânica I, uma vez que tem seu embasamento em conceitos químicos correlacionados com a parte jurídica, possibilitando também o desenvolvimento discursivo*";

Aluno 7 – " *O júri foi uma contribuição muito importante, pois além da experiência de um modo de atividade totalmente diferente, pois fomos incentivados a procurar sobre os halocompostos e vimos que estes possuem propriedades muitos diferentes entre si. Porém foi falho quando apenas uma parte do grupo se dedicou a pesquisar sobre o tema, não se envolvendo na atividade como esperado*".

De um modo geral, pode-se perceber pela fala dos alunos que eles gostaram da atividade e perceberam a importância dela como uma estratégia para se trabalhar de forma contextualizada determinados conteúdos químicos. Também perceberam esta estratégia pode promover uma maior interação entre os alunos, embora não é garantia de que todos irão participar de modo igual, visto que nem todos os alunos se sentiram motivados ou interessados

em participar da atividade. Este fato é interessante, pois nos faz enquanto docente refletir que nem todos os alunos reagem de forma igual a novas estratégias de ensino, e que por isso é necessário conhecer a turma e utilizar diferentes estratégias para que se possa motivar e engajar o maior número possível de aluno.

A turma também percebeu que para construir uma boa argumentação, bem como um bom discurso era necessário realizar pesquisas além do material que foi entregue pela docente, o que para eles foi muito produtivo; visto que, conseguiram perceber a aplicação dos halocomposto, além dos aspectos químicos e biológicos desta classe.

Como ponto negativo foi apontado a pouca participação de alguns alunos, bem como a divisão de pontuação proposta pela docente. Com relação a pouca participação de alguns alunos, pode-se trabalhar inicialmente a importância desta estratégia como ferramenta de ensino-aprendizagem, questionando ao mesmo quais sugestões este aluno sugere para que o júri se torne mais eficaz e interessante para ele. A questão da pontuação, considerando que vários discentes reclamaram da divisão da pontuação, a docente reformulou a divisão e a partir do próximo júri, já será aplicado a nova pontuação.

É importante ressaltar que ao final da aplicação dessas ditas "novas" estratégias de ensino, o docente realize escuta de seus alunos para que possa perceber os pontos positivos e negativos, apontados por estes. A partir dessas observações é possível avaliar a estratégia utilizada e adequá-la a realidade de suas turmas, favorecendo assim uma maior integração da turma, uma melhoria da relação professor-aluno e principalmente promovendo questionamentos que fazem com que os alunos busquem diversas fontes de informações, articulem novas ideias, correlacionem o conhecimento ministrado em sala de forma que estes possam agora auxiliar nas respostas de suas inquietações, consolidando e ressignificando novos e antigos conhecimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendendo o júri simulado como uma boa estratégia de ensino-aprendizagem foi possível verificar que durante a aplicação do mesmo pode-se trabalhar de forma efetiva a aprendizagem colaborativa visto que os alunos se reuniram para traçar estratégias, discutir a fundamentação e os argumentos que seriam utilizados durante o júri. Deste modo, pode-se dizer que a aprendizagem pode ser efetuada de forma colaborativa, onde cada indivíduo apresenta seus conhecimentos prévios sobre o conteúdo em questão, a partir destes começam a buscar novos conhecimentos, como tambéd ressignificar outros, de forma que estes agoram tenham um

novo significado. Deste modo, os alunos passaram a perceber a importância do trabalho em conjunto, não smente na construção do conhecimento; como também, no estabelecimento de novas relações em sala, de forma que agora eles passam a reconhecer no companheiro de grupo um aliado ao seu processo de aprendizagem.

Outro ponto importante que essa metodologia proporcionou foi a construção de novos conhecimentos, como também a consolidação de outros, através da discussão e leituras diversas. O aluno passou a perceber que o conhecimento não está restrito ao professor, nem a sala de aula. Ele compreendeu que o caminho para a busca do conhecimento está na sua necessidade de responder questionamentos e inquietações. Através dessa busca por informações, ficou claro para os discentes que este processo lhes proporcionou automia, o que lhes permitiu ancorar novos conhecimentos e a partir desses traçar os argumentos fundamentados nessa nova construção.

É importante ressaltar que os alunos não buscaram apenas os conteúdos relacionados a química dos compostos halogenados, mas que também entenderam a necessidade de buscar conhecimentos correlatos como conteúdos da farmacologia, segurança ambiental, biologia entre outros, utilizados na construção dos argumentos e contra-argumentos durante o julgamento. Essa diversidade de conteúdos utilizados durante a argumentação do júri reforçam a importancia desta estratégia como uma forma eficiente de se trabalhar a interdisciplinaridade, pois neste caso foram trabalhados conteúdos das disciplinas de Farmacologia, Biologia, Direito e Bioquímica, e a automia, pois não foi necessário que professor ministrasse nenhum dos conteúdos utilizados pelos grupos.

A automia promovida pelo júri permitiu que os alunos fossem capazes de relacionar os fatos apresentados na petição com os conteúdos da química dos compostos halogenados e dos conteúdos correlatos, de forma que estes agoram pudessem ser utilizados de forma coerente na construção de seus argumentos e contra-argumentos. Esta construção permitiu que fossem observados a ressignificação/consolidação/construção de conhecimentos relacionados à temática estudada.

Outro fator relevante foi o uso do lúdico, que permitiu trabalhar o conteúdo químico, a partir de um caso fictício envolvendo os personagens da franquia Marvel, que são figuras pertencentes ao imaginário da turma em questão. A partir do caso apresentado, os grupos buscaram construir relações entre o caso fictício e o conteúdo de química, tendo o cuidado de manter os aspectos lúdicos em seus argumentos. Considerando que todos os alunos da turma já haviam em algum momento de sua vida assitido um dos filmes da Marvel, eles conseguiram imergir na proposta do júri, assumindo o papel de vilão e mocinhos, sem deixar de lado a

argumentação pautada no conhecimento que foi adquirido/consolidado durante a construção das propostas de defesa/acusação.

Por fim, pode-se dizer que este tipo de estratégia auxilia de forma positiva o ensino de química, pois permite que o discente vá além do conteúdo que é ministrado em sala, adiquirindo autonomia, de forma que este passe a ser protagonista do seu processo de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ANASTASIOU, L.G.C. Desafios da docência universitária em relação às bases teórico-metodológicas do ensino de graduação. In: CUNHA, M.I., SOARES, R.S. e RIBEIRO, M.L. (orgs). **Docência Universitária: profissionalização e práticas educativas**. Feira de Santana: UEFS Editora, p. 151-169, 2009.

BORDENAVE, J.D.; PEREIRA, A.M. **Estratégias de Ensino aprendizagem**., 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1982.

BRASIL. Ministério da Educação. Processo nº. CEB 15/98. **Câmara de Educação Brasileira**. Brasília, DF, 01 jun., 1998.

DE CHIARO, S. Argumentação na sala de aula e seu potencial metacognitivo como caminho para um enfoque CTS no ensino de química: uma proposta analítica, **Educ. Pesqui**., Vol. 43, Nº 2, p. 411-426, 2017.

DE CHIARO, S., AQUINO, K.A.S. Uso de mapas conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade, **Ciências & Cognição**, Vol. 18, Nº 2, p. 158-171, 2013.

KUCHLA, M.; SOUZA, L. B. P. Desenvolvimento de um caso simulado CTS através do uso da técnica de controvérsia no ensino de química orgânica**, Experiências em Ensino de Ciências** Vol.12, Nº 5, p.68-81, 2017.

LEITÃO, S. Argumentação e desenvolvimento do pensamento reflexivo, **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Vol. 20, Nº 3, 454-462, 2007.

OLIVEIRA, A.; SOARES, M. H. F. B. Júri químico – uma atividade lúdica para discutir conceitos químicos, **Química Nova na Escola**, Vol. 5, Nº 21. p. 18-24, 2005.

PIMENTA, S.G.; ANASTASIOU, L.G. **Docência no Ensino Superior**, São Paulo, Editora Cortez, 2002.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

WARTHA, E.J.; SILVA, E.L.; BEJARANO, N.R.R. Cotidiano e contextualização no ensino de química, Química Nova na Escola, Vol. 35, Nº 2, p. 84-91, 2013.

ESTUDO COMPARATIVO DE ESCOAMENTOS AERODINÂMICOS TURBULENTOS UTILIZANDO CFD

Ketolly Natanne da Silva Leal [1]
Rodrigo Alves Buriti Costa [2]
Leticia dos Reis Darcie [3]

RESUMO

Na fluidodinâmica, temos basicamente dois fenômenos principais, o arrasto e a sustentação. Com isso em mente e sabendo que no mundo real há muitas variáveis que influenciam os resultados das simulações, o presente trabalho tem como objetivo aproximar o máximo possível os dados experimentais a um determinado modelo teórico. Ao estudar um perfil aerodinâmico (aerofólio), conhecendo suas propriedades físicas, tentar-se-á traçar um modelo que reduza o máximo possível a diferença entre o real e o calculado. Para este trabalho, será estudado baseado nas equações de transporte, como a de Navier-stokes e a equação da continuidade. Não são equações usadas em projetos pequenos devido ao seu alto custo, tendo que, em muitos casos, se substituído pela equação de Boussinesq, uma ferramenta mais barata e acessível. A indústria aeronáutica cada vez mais busca melhor eficiência e performance de suas aeronaves, assim, a busca pela habilidade em fluidodinâmica computacional é indispensável neste ramo tornando assim um dos motivos para a realização deste trabalho.

Palavras-chave: Fluidodinâmica Computacional, Aerodinâmica, CFD

INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos, com o desenvolvimento dos primeiros aviões no século XX, este desejo tomou forma e vem criando proporções cada vez maiores, seja como meio de transporte, uso militar ou utilizado como forma de monitoramento. E com isso a previsão das características aerodinâmicas de corpos imersos em escoamento é fundamental ao projeto de

[1]Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL, ketollynatanneq@gmail.com;
[2]Graduado pelo Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, rodrigoalves.hellraiser@gmail.com;
[3]Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL, leticia_darcie@hotmail.com;

veículos aéreos. De fato, o desenvolvimento e estudo, sobre como um aerofólio se comporta quando submetido a um fluido se tornou um problema clássico para a aerodinâmica.

Ultimamente a aerodinâmica ganhou muita importância e vem auxiliando e sustentando diversos projetos de desenvolvimento em veículos aéreos não tripulados (VANTs) e máquinas de fluxo. A simulação de aerofólios pode ser feita por avaliação experimental ou por modelos teóricos (métodos numéricos). O primeiro, para um alto grau de precisão e fidelidade no comportamento real, necessita de testes em túnel de vento e geometria de seção do aerofólio com boa acurácia e precisão na fabricação. Dessa forma, exige um alto custo de execução da análise, pois necessita de uma boa infraestrutura. A segunda maneira de simulação do aerofólio é o emprego de métodos numéricos, através da teoria da dinâmica dos fluidos computacional (CFD). O uso do CFD é muito difundido na engenharia, principalmente quando se trata de simuladores e cálculos em ambientes que envolvam fluidos gasosos e líquidos. A sustentação dar-se-á pela diferença de pressão entre a parte inferior e a parte superior da asa, essa diferença é suficiente para vencer o peso da própria aeronave (RODRIGUES, 2013).

De acordo com Fagundes (2016) a dinâmica dos fluidos computacionais consiste em união de técnicas computacionais e difere dos outros métodos anteriores de análise pois resolve para as completas propriedades do campo de escoamento ao redor de um corpo, não se atendo somente a superfície deste (RAYMER, 1992).

Esse método fornece resultados confiáveis e com fácil acesso aos pesquisadores. Tendo em vista as vantagens do método CFD, esta ferramenta foi utilizada nos estudos aerodinâmicos do presente trabalho, o qual tem como objetivo principal simular numericamente uns 20 perfis aerodinâmico de alta sustentação e submeter este a testes de modo a otimizar esse para futuras aplicações no seu campo de trabalho. Tendo ainda, como objetivos, entender os fenômenos físicos envolvidos, validar as simulações em CFD comparativamente com ensaios em túnel de vento e apresentar ganhos que podem ser obtidos entre otimizar diferentes relações aerodinâmicas.

AERODINÂMICA

A aerodinâmica é o estudo do movimento dos fluidos ao redor dos corpos, levando em consideração suas características e superfícies, com o intuito de prever as forças geradas. É uma ciência imprescindível no que tange a engenharia aeronáutica, automobilística, naval, dentre outras. (RODRIGUES, 2013).

O avião como conhecemos hoje foi proposto pela primeira vez por George Cayley em 1799. (ANDERSON JR, 2015). Desde de então, vem sendo contribuído por vários estudiosos como Prandtl, que foi o primeiro a introduzir o conceito de dividir a asa em uma seção – denominada aerofólio – e a incorporação da teoria dos aerofólios, para a compreensão do escoamento em torno da asa completa, na Alemanha no início do século XX. Logo após a NACA (National Advisory Committee for Aeronautics), que foi a agência antecessora à NASA (National Aeronautics and Space Administration), teve grande importância no estudo desses aerofólios, tendo iniciado durante as décadas de 1920 e 1930 um imenso programa experimental de desenvolvimento e testes de perfis aerodinâmicos.

FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL

Fluidodinâmica computacional, ou CFD como é mais conhecido, é uma ferramenta numérico-computacional empregada na investigação de escoamento de fluidos através das chamadas equações de transportes. As principais equações de transporte são: a equação da continuidade e a equação do movimento. Essas equações partem da premissa que toda grandeza se conserva, seja ela fluxo, quantidade de movimento, energia, etc., por isso são conhecidas como equações da conservação. Algumas dessas equações possuem soluções analíticas limitadíssimas, sendo apenas para casos simples e com várias simplificações, como é o caso das famosas equações de Navier-Stokes, por isso são empregados métodos numéricos em suas soluções (MALALASEKERA & VERSTEEG , 2007) e (SCHLICHTING, 1979).

O ciclo de uma análise por CFD segue a ordem s seguinte ordem: onde o primeiro passo é a construção do modelo físico no computador através de um software CAD (*Computer Aided Design*), depois descrever os modelos físicos-matemáticos que atuam no problema (equações de transporte), após isso é desenvolvido um modelo numérico-computacional para resolver tais equações, com isso obtém-se uma solução aproximada do problema (MATSSON et al., 2016).

É importante salientar que a solução via CFD não exclui uma análise experimental do comportamento em questão, as duas se complementam. Com os recentes avanços computacionais, tanto em métodos numéricos quanto em hardwares, as análises CFD se mostram tão fidedignas quanto uma boa análise experimental (MATSSON et al., 2016).

As vantagens no uso do CFD são inúmeras, principalmente do ponto de vista financeiro pois seu uso minimiza ensaios experimentais de difícil acesso e de grande custo para construção, como é o caso de ensaios em túnel de vento.

De acordo com Kontogiannis et al., (2013) a indústria aeronáutica foi a indústria que alavancou o desenvolvimento do CFD, minimizando custos e desenvolvendo produtos mais confiáveis. Pode-se aqui citar algumas das várias aplicações tanto no setor aeronáutico quanto em vários outros setores:

- Aerodinâmica de aviões e veículos: predição de arrasto e sustentação.
- Plantas de potência: motores a combustão interna, difusores, maquinas rotativas, etc.
- Indústria aeronáutica: predição de formação de gelo em superfícies, análise de geração de ruído, conforto interno, etc.
- Indústria de óleo e gás – Análises de risco, equipamentos separadores, trocadores de calor, dissipação de poluentes, etc.
- Engenharia biomédica: fluxo de sangue através das artérias e veias.
- Indústria naval e offshore: Vibração por vórtices induzidos, sloshing em tanques, sistemas de propulsão, estruturas marítimas, etc.
- Industria eletrônica: dissipação de calor através de placas e dispositivos.

O surgimento de vários softwares comerciais tem auxiliado o avanço e desenvolvimento dos métodos de CFD, software comercial ANSYS Fluent é um dos softwares que pode ser utilizado.

A IMPORTÂNCIA DOS MODELOS DE TURBULÊNCIA

Os escoamentos podem ser classificados de diversas maneiras, sendo uma das mais importantes o regime laminar ou turbulento. Esse regime de escoamento tem grande influência em parâmetros significantes para a engenharia, como por exemplo perda de carga em um duto, pressão exercida na parede, dissipação de calor, entre outros (HOUGHTON et al., 2012).

Para classificar o escoamento em laminar ou turbulento, utiliza-se um número adimensional conhecido como número de Reynolds. Essa grandeza é dada em função de alguns parâmetros intrínsecos do fluido e outros característicos do escoamento (HOUGHTON et al., 2012).

Quando as forças de inércia, definidas no numerador do número de Reynolds, são muito maiores do que as forças viscosas (denominador), o escoamento passa a ser turbulento e assim o número de Reynolds é alto (ÇENGEL & CIMBALA, 2015).

O escoamento turbulento é um dos mais críticos fenômenos que a física e engenharia moderna enfrentam, visto seu alto grau de aleatoriedade e a forte dependência das condições de contorno. É muito difícil reproduzir com exatidão dos experimentos físicos sobre turbulência, fazendo que sua análise seja um grande desafio mesmo com equipamentos precisos de medição (HOUGHTON et al., 2012).

Com isso surge a necessidade dos modelos de turbulência, que visam simplificar por meio de modelamentos, as equações já resolvidas pelos softwares. Os principais modelos são:

I. **RANS:** É a solução das equações médias de Navier-Stokes no tempo. É largamente utilizado na indústria, englobando quase todas as aplicações. Os modelos mais utilizados são o k-epsilon, k-omega e Spalart Allmaras que serão tratados adiante.
II. **LES:** É uma abordagem para a solução da turbulência em função das grandes escalas turbulentas. Nesse modelo as grandes escalas são calculadas enquanto as menores escalas são modeladas. A malha para esse modelo é bastante refinada, aumentando assim o custo computacional, e os casos devem ser rodados como transientes.
III. **DNS:** Aqui a solução é dada exclusivamente pelas equações de Navier-Stokes mas para este caso a malha deve ser fina o suficiente para resolver todas as escalas de turbulência. Isso implica em malhas impraticáveis para casos reais.

METODOLOGIA

Para a validação numérica no presente trabalho usou-se apenas um modelo de perfil aerodinâmico, sendo o modelo NACA 2412. Trata-se de um modelo conhecido e com boa base experimental para comparação. As simulações são de caráter bidimensional (2D), com o objetivo de obter o coeficiente de sustentação referente ao modelo bidimensional. Foi usado outros dois softwares analíticos para a comparação dos dados.

Simulações em fluidodinâmica computacional necessitam de um domínio CAD (*Computer Aided Design*) que simulará o domínio físico computacionalmente. Através do software *solidworks*, foi gerado uma superfície no contorno do perfil aerodinâmico utilizado neste trabalho, o perfil NACA 2412.

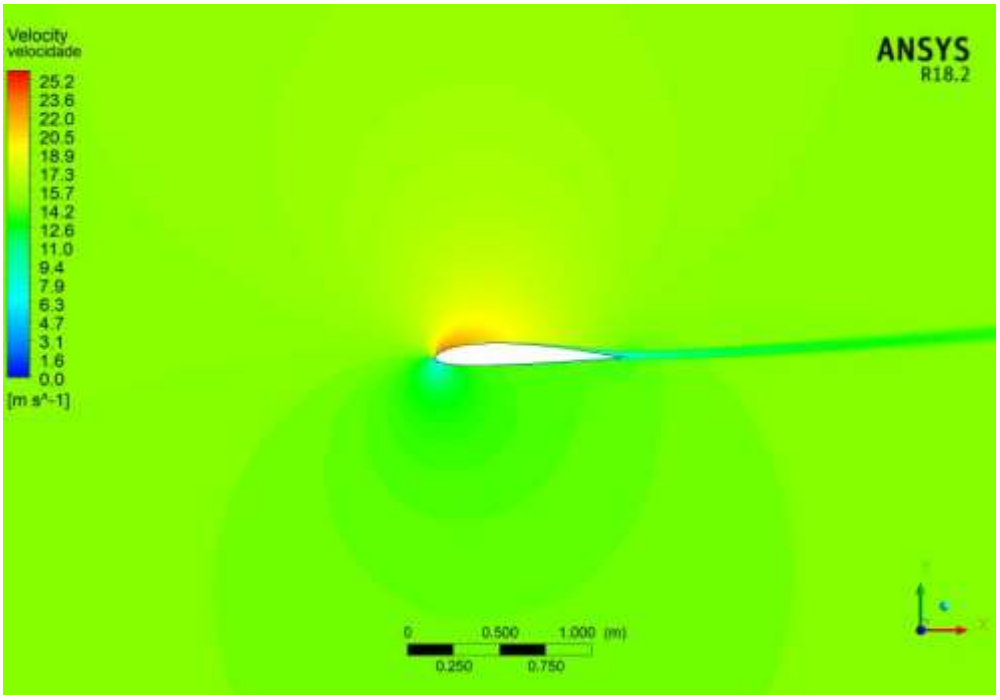
Para o processo de geração de malha, opta-se pela malha quadrilátera, com um refinamento alto na região de parede, e com crescimento ao longo do domínio computacional à medida que vai se distanciando da parede. Logo foi gerada uma malha com um alto aproveitamento visto o limite que a versão acadêmica da ANSYS possui, que é de 512 mil elementos/nós. Como resultados final, a malha possui 487032 nós, e 161582 elementos tetraédricos.

Com os dados simulados e obtidos utilizou-se o Software OriginPro8 para gerar os gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fazendo-se uma primeira análise qualitativa do caso, obteve-se um gráfico de contorno de velocidade e pressão conforme a Figura 1, que são as variáveis base do modelamento CFD, e a partir delas podemos obter todas as outras variáveis de interesse.

Figura 1 - Contorno de velocidade para um AoA=6º

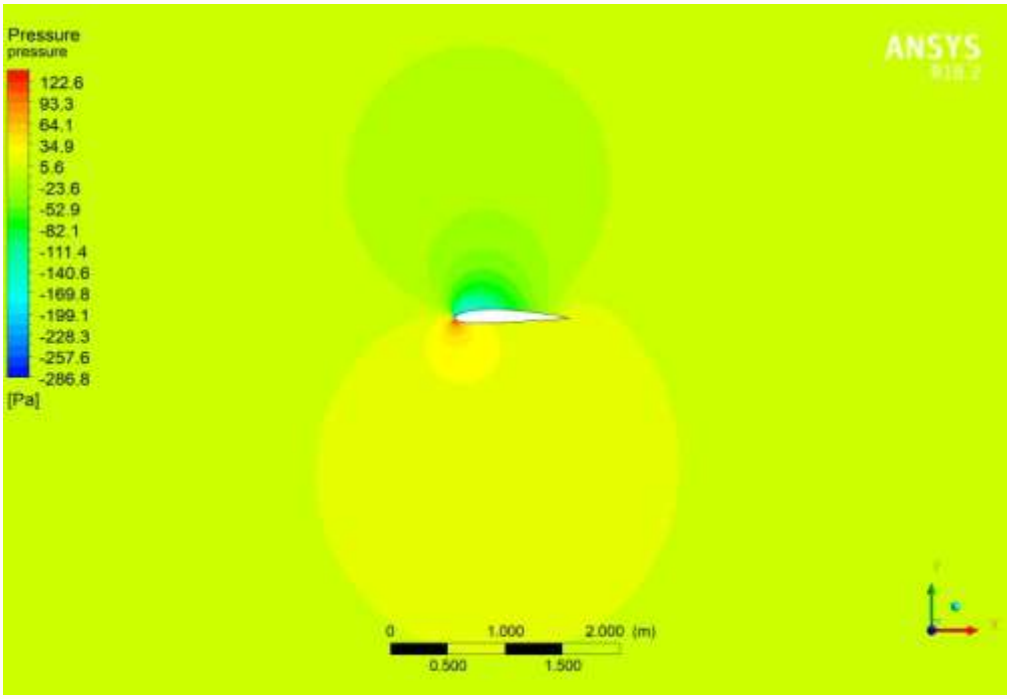


Fonte: Autor

Com relação à esteira, região à montante do perfil forma uma pequena linha de baixa velocidade saindo do bordo de fuga do perfil, e tem uma direção ascendente em relação ao eixo y, devido ao ângulo de ataque 6º. Pela escala apresentada foi possível validar o comprimento do perfil de 1m.

A Figura 2 mostra o contorno de pressão, e de acordo com a teoria apresentada na primeira parte do trabalho, temos um gradiente de pressão entre o intradorso e extradorso, dando assim a força de sustentação almejada.

Figura 2 - Pressão em torno do perfil para AoA=6º



Fonte: Autor

Como uma primeira análise, a análise qualitativa do modelo se mostra válida e confirma as condições de contorno impostas no problema. Ela é uma análise utilizada para saber previamente se a simulação não apresenta nenhuma discrepância física inicial, e se está de acordo com o esperado, não sendo única para validar o modelo completamente.

Para a validação foram realizadas simulações para vários ângulos de ataque através de uma parametrização em relação as componentes da velocidade. Através disso foi possível obter os valores dos coeficientes de sustentação e arrasto para o perfil num range de 0 a 14º. A Tabela 1 mostra os valores dos parâmetros para cada ângulo de ataque.

Tabela 1 - Valores de entrada dos parâmetros de velocidade.

Ângulo de Ataque $(\boldsymbol{\alpha})$	**Componente x** $\boldsymbol{x = cos\left(\frac{\alpha * \pi}{180}\right)\left[m/s\right]}$	**Componente y** $\boldsymbol{y = sin\left(\frac{\alpha * \pi}{180}\right)\left[m/s\right]}$
0	1	0
2	0,999390827	0,034899496
4	0,997564050	0,069756473
6	0,994521895	0,104528463
8	0,990268068	0,139173100
10	0,984807753	0,173648177
12	0,978147600	0,207911690
14	0,970295726	0,241921895

Fonte: Autor

Para os cálculos numéricos realizados, o solver considera até a 17º casa decimal, diminuindo-se assim o erro associado ao valor de entrada da velocidade. O coeficiente de sustentação pode ser calculado através da seguinte equação:

$$cl = \frac{2 * l}{\left(A_{perfil} * \rho * v^2\right)}$$

Onde L é a força de sustentação dada pela equação 1, A_{perfil} corresponde à área projetada do perfil, ρ é a densidade do fluido, e v a velocidade do escoamento.

Através de um software para a digitalização dos dados experimentais disponíveis em Jacobs & Sherman(1937) e Abbott & Von Doenhoff (1959), foi possível a obtenção de pontos aproximados que foram utilizados na comparação desse trabalho e em seguida obteve-se o desvio para cada modelo conforme mostra a Tabela 3. A Tabela 2 mostra a comparação entre os dados de cada modelo numérico e o resultado experimental.

Tabela 2 - Comparação entre sustentação experimental e numérica

AoA (α)	Experimental	Spalart Allmaras	κ-ω SST
0°	0,2257	0,15624	0,15396
2°	0,4321	0,38929	0,38112
4°	0,6497	0,61039	0,5994
6°	0,8469	0,82071	0,80465
8°	1,0478	1,01605	0,99323
10°	1,2235	1,19076	1,15605
12°	1,3549	1,33785	1,28029
14°	1,3682	1,4384	1,36146

Fonte: Autor

Tabela 3 - Desvio percentual para cada modelo.

Spalart Allmaras	κ-ω SST
31%	32%
10%	12%
6%	8%
3%	5%
3%	5%
3%	6%
1%	6%
5%	0%

Fonte: Autor

Assim como foi feito para o cálculo do coeficiente de sustentação, podemos obter o coeficiente de arrasto através da seguinte fórmula.

$$Cd = \frac{2 * d}{(A_{perfil} * \rho * v^2)}$$

Com isso obteve-se a Tabela 4 de valores para arrasto em função do ângulo de ataque.

Tabela 4 - Comparação entre arrasto experimental e numérico

AoA (α)	Experimental	Spalart Allmaras	κ-ω SST
0°	0,0069	0,0062922	0,005248329
2°	0,0069	0,0066547	0,005512537
4°	0,0078	0,007286	0,00604915
6°	0,0103	0,0086948	0,006887342
8°	0,0139	0,0105713	0,008199093
10°	0,0173	0,0122899	0,010518934
12°	0,0213	0,015319	0,015207707
14°	0,0277	0,0237827	0,028247158

Fonte: Autor

O valor do Desvio de cada modelo encontra-se na Tabela 5.

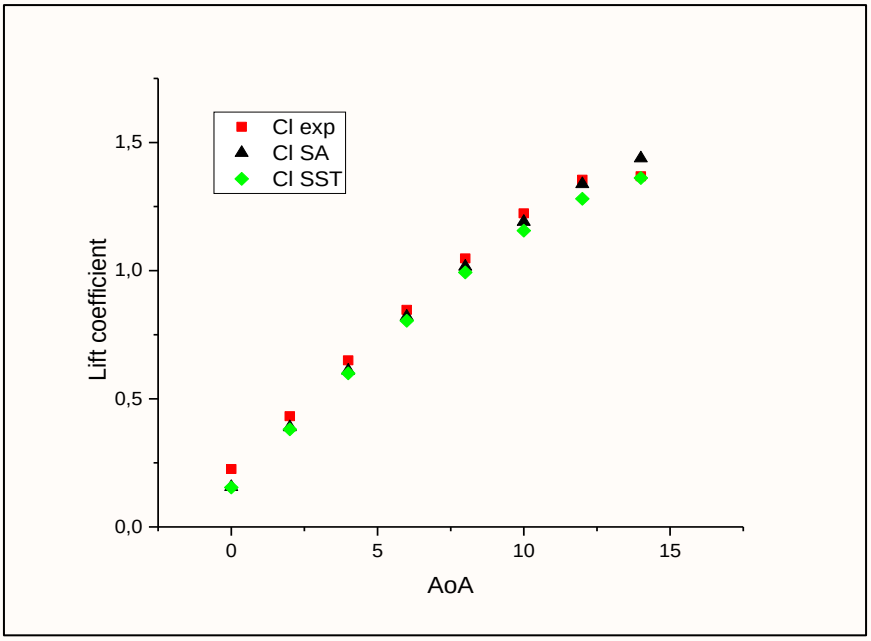
Tabela 5. Desvio percentual para cada modelo

Spalart Allmaras	κ-ω SST
8,8%	23,9%
3,6%	20,1%
6,6%	22,4%
15,6%	33,1%
23,9%	41,0%
29,0%	39,2%
28,1%	28,6%
14,1%	2,0%

Fonte: Autor

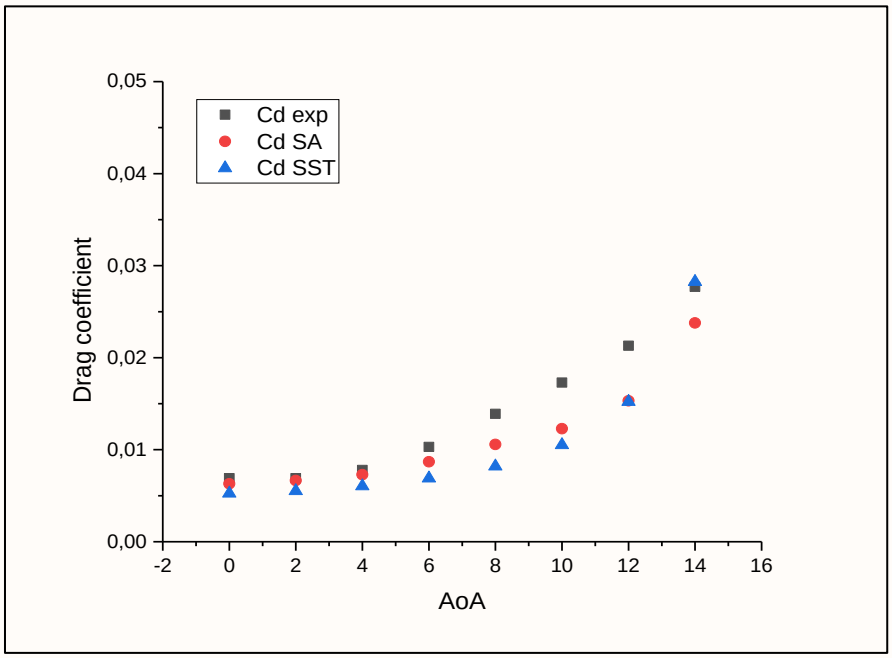
Por meio dos dados obtidos foi possível realizar a comparação e validação da simulação por meio do gráfico de sustentação e arrasto pelo ângulo de ataque (α) conforme a Figura 3 e 4.

Figura 3 - Gráfico de coeficiente de sustentação por AoA.



Fonte: Autor

Figura 4 - Gráfico de coeficiente de arrasto por AoA

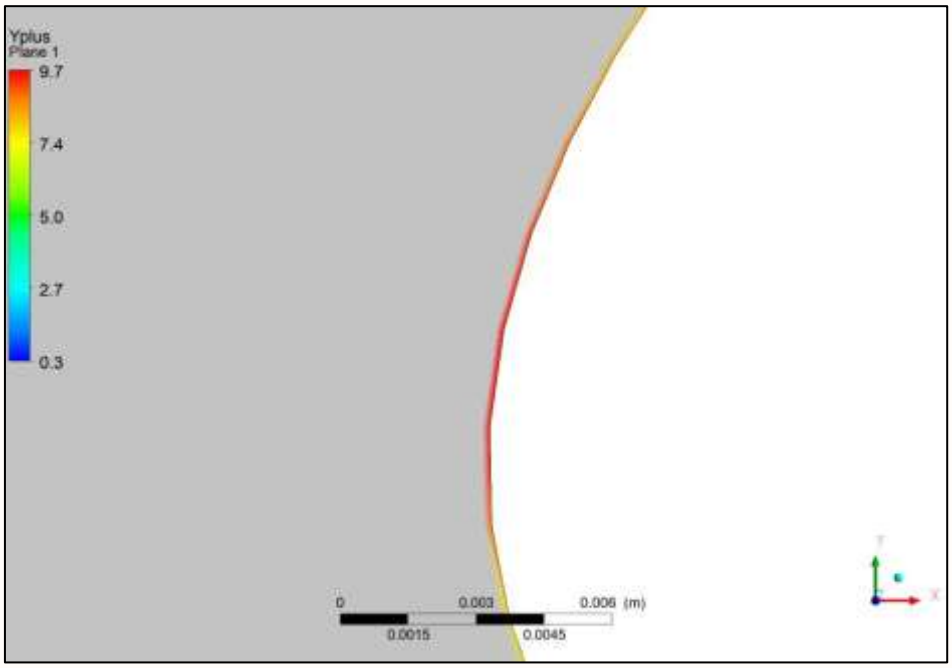


Fonte: Autor

Com base no gráfico da Figura 4 pode-se dizer que o modelo se mostrou muito satisfatório para estimar o coeficiente de sustentação do perfil, de forma que os valores se aproximaram muito do experimental com um erro na ordem de 10%.

Por outro lado, para estimativas do arrasto o modelo não convergiu para os valores esperados, apresentando erros percentuais na ordem de dezenas. Isso é devido a condições de modelagem de parede, pois o valor de arrasto está intrinsecamente ligado ao valor da tensão cisalhante na parede do aerofólio. Como a física do problema está diretamente ligada ao fenômeno de parede, é necessário resolver o escoamento na subcamada viscosa, o que corresponde a um valor para o primeiro elemento da malha na parede de $y \approx 2 * 10^{-5} m$ para $y^+ \cong 1$. Com o auxílio do CFD POST, foi possível obter um contorno de y^+ que se dá apenas para o primeiro elemento da malha na região da parede, e é mostrado na Figura 5.

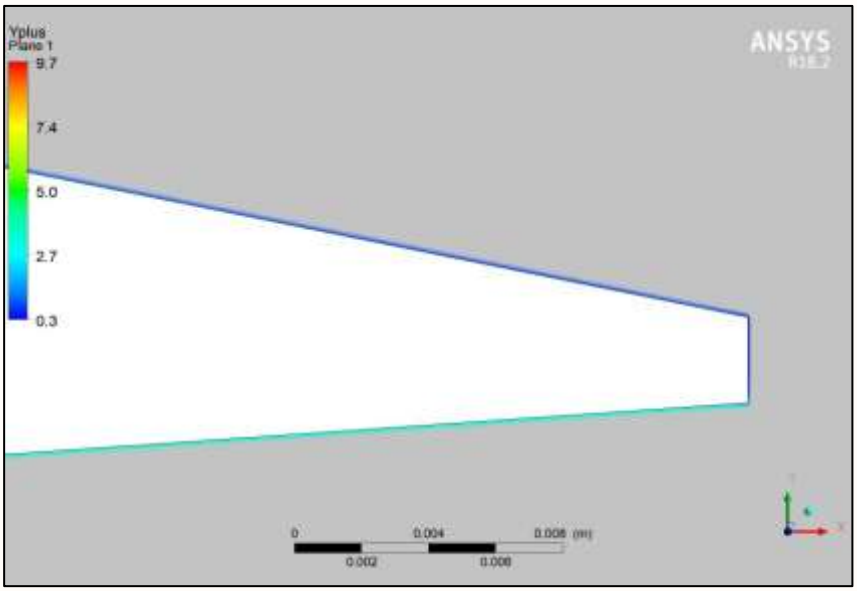
Figura 5 - Contorno de y^+para o primeiro elemento do bordo de ataque



Fonte: Autor

A Figura 5 mostra o bordo de ataque do perfil, ou seja, é o ponto com maior pressão em todo o contorno do aerofólio. Este ponto é o ponto mais significativo para a tensão cisalhante e, portanto, se a estimativa está errada neste ponto, todo o meu fenômeno intrínseco à está região acaba estando errado. Por outro lado, se analisar o y^+ para o bordo de fuga conforme mostra a Figura 6, temos o que seria a situação ideal, onde o valor de $y^+ \cong 1$.

Figura 6 - Contorno de y^+para o primeiro elemento do bordo de fuga.



Fonte: Autor

Verificou-se por meio das simulações que as chamadas equações de transporte descrevem completamente o comportamento de um fluido em movimento, e são caracterizadas pelas equações de Navier-Stokes e a equação da continuidade. No entanto, essas equações ainda não apresentam soluções analíticas, o que torna sua utilização quase que exclusivamente numérica. O problema da solução numérica dessas equações é que demanda um alto custo computacional de forma que inviabiliza o uso acadêmico e mesmo comercial. A partir disto, foram desenvolvidos modelos e simplificações, como a hipótese de Boussinesq, que visam “democratizar” o uso dessas ferramentas tornando-as mais acessíveis e baratas.

Neste trabalho utilizou-se de dois dos mais famosos modelos de turbulência utilizados na indústria e na academia, o modelo $\kappa - \omega$ SST e o modelo Spalart Allmaras (SA), e através de uma análise paramétrica da condição de contorno de entrada, foi possível levantar as curvas características de um famoso perfil aeronáutico, o Naca 2412.

Os resultados se mostram satisfatórios tanto para análise de sustentação quanto para o arrasto, ficando na ordem dos 10% e em muitas vezes abaixo desse valor. Esses valores são muito sensíveis às condições de contorno e à física envolvida no fenômeno, portanto é uma análise de difícil obtenção de valores abaixo da ordem dos 10%. Entretanto neste trabalho foi obtido um valor menor em diversos pontos, principalmente para a sustentação que é a mais suscetível à diferença de pressão.

Quando observa mais a fundo o coeficiente de arrasto, percebe-se que sua oscilação no desvio percentual é devida ao fenômeno intrínseco da subcamada viscosa e da tensão de cisalhamento na parede, que se não for bem capturada pela malha computacional pode gerar resultados não condizentes com a física.

Para trabalhos futuros, pode-se avaliar e otimizar a razão *lift over drag* de forma a obter o valor máximo otimizado pela ferramenta *Adjoint* do *Fluent*, e com isso obter uma nova configuração de perfil segundo esse dado de otimização.

Para computadores com maior capacidade de processamento, obter os parâmetros estudados no presente trabalho para asas em 3D, assim como do corpo do avião.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das simulações realizadas observou-se que a analise de sustentação e de arrasto foi de 10% e também apresentou valores menores que 10%, isso foi devido que os valores são sensíveis as condições de contorno estabelecidas, ficando complexa a obtenção dos valores. Em uma visão geral o presente trabalho se mostrou satisfatório em diversos aspectos, principalmente na comparação dos resultados com os obtidos experimentalmente. Mostra que a ferramenta CFD é bastante poderosa para resolver diversos problemas da indústria em geral e também de pesquisa, pois é fiel em seus resultados e condizente com a física em geral.

REFERÊNCIAS

ANDERSON JR., J. D. **Fundamentos de engenharia aeronáutica:** introdução ao Voo (7ª ed.). (F. A. Costa, Ed.) Porto Alegre: Editora McGraw-Hill, 2015.

ÇENGEL, Y. A., & Cimbala, J. M. (2015). **Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações**. Porto Alegre: McGraw-Hill.

FAGUNDES, Guilherme Lima Miranda Gonçalves. **Projeto de família de perfis aerodinâmicos para escoamento de baixo Reynolds utilizando algoritmo de otimização.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2016.

HOUGHTON, E. L., Carpenter, P. W., Collicott, S., & Valentine, D. (2012). **Aerodynamics for Engineering Students** (6ª ed.). (Elsevier, Ed.) Waltham, Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann.

KONTOGIANNIS, S. G., & Ekaterinaris, J. A. (August de 2013). Design, performance evaluation and optimization of a UAV. **Aerospace Science and Technology**, Volume 29, , pp. 339-350.

MATSSON, John E et al.,. Aerodynamic Performance of the NACA 2412 Airfoil at Low Reynolds Number. **American Society for Engineering Education**, 2016.

MALALASEKERA, W., & Versteeg , H. K. (20. **An Introduction to Computational Fluid Dynamics** (2ª ed., Vol. I). Harlow: Pearson Education Limited, 2007.

RAYMER, Daniel P.; **Aircraft design: A conceptual approach**; Washington, D. C.; AIAA; 1992.

RODRIGUES, L. M. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica**. São Pauo: Cengage learning, 2013.

SCHLICHTING, H. **Boundary-layer Theory** (7ª ed.). New York: McGraw-Hill, 1979.

ESTUDO DA ESTABILIDADE DE FILMES DE POLI(CLORETO DE VINILA) ADITIVADO COM QUITOSANA POR ANÁLISE DE PCA

Raquel Marques dos Santos [1]
Glória Maria Vinhas [2]
Yêda Medeiros Bastos de Almeida [3]
Antonio Gilson Barbosa de Lima [4]

RESUMO

Diante da grande utilização do PVC no cotidiano da vida moderna, faz-se necessário o estudo de novos aditivos que melhorem suas propriedades ampliando assim a sua aplicabilidade. A quitosana é um polímero natural, de fonte renovável, biodegradável, atóxico, biocompatível e apresenta propriedades antimicrobianas. Deste modo, este trabalho teve como objetivo principal avaliar a estabilidade de filmes de PVC aditivado com quitosana por FTIR e análise de PCA1s. Os filmes de PVC aditivado com a quitosana foram preparados pelo método de evaporação de solvente (1,2% m/m de quitosana) e suas propriedades foram avaliadas por espectroscopia do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Através da análise por componentes principais dos espectros dos filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana foi possível observar a formação de três agrupamentos distintos em relação às suas estruturas químicas. Além disso, foram evidenciadas diferenças dos filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana após a esterilização térmica. Após a irradiação foram evidenciadas diferenças entre os filmes de PVC e PVC aditivado com quitosana.

Palavras-chave: Poli(cloreto de vinila) (PVC); Quitosana; Filmes aditivados; Esterilização térmica; Radiação gama.

INTRODUÇÃO

O consumo aparente do poli(cloreto de vinila), PVC, no Brasil no ano de 2013 foi de aproximadamente 1.345.621 toneladas, com uma produção de 865.671 toneladas, importando de 484.246 toneladas e exportando 2.179 toneladas, com uma demanda de 12% superior à demanda do ano anterior. O uso do PVC cresce a uma taxa de 7% ao ano, graças à excelente relação custo-benefício e ao fato de não haver outro material que possa ser modificado por aditivos na mesma extensão do PVC (BRASKEM, 2013; INSTITUTO DO PVC, 2015).

O PVC é considerado um dos polímeros mais versáteis, dada a sua possibilidade em interagir com diversos aditivos, o que pode modificar suas características dentro de um vasto

[1] Doutoranda do Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal-PE, raquelmarques_santos@outlook.com;
[2] Profª Doutora do Curso de Eng. Química da Universidade Federal - PE, gmvinhas@yahoo.com.br;
[3] Profª Drª do Curso de Eng. Química da Universidade Federal - PE, yeda@ufpe.br;
[4] Profº Drº do Curso de Eng. Processos da Universidade Federal de Campina Grande- PB, antonio.gilson@ufcg.edu.br;

espectro de propriedades, apresentando-se desde um material rígido ao extremamente flexível e, portanto, sendo utilizado em aplicações que vão desde tubos e perfis rígidos, para uso na construção civil, até em brinquedos e filmes flexíveis utilizados nos acondicionamentos de sangue, soro e plasma (RODOLFO Jr; NUNES, ORMANJI, 2006). É amplamente empregado tanto nas áreas médicas e alimentícias quanto na construção civil, nas embalagens, nos calçados, nos fios e nos cabos, revestimentos, indústria automobilística, etc, onde sua presença tem sido tão necessária quanto indispensável. Na área médica, onde é utilizado há várias décadas, não existe produto melhor e mais seguro para ser usado em bolsas de sangue e soro, tubos endotraqueais, cateteres cardiovasculares, entre várias outras aplicações (INSTITUTO DO PVC, 2015).

Os produtos utilizados na área médica confeccionados com PVC necessitam ser submetidos ao processo de esterilização para garantir a ausência de formas microbiológicas de vida. A esterilização auxilia a romper a cadeia da infecção e a prevenir doenças. É o processo pelo qual todos os organismos, mesmos os esporos, são inativados (TAYLOR *et al*., 2011).

A esterilização do PVC por calor úmido ou à radiação gama, sem a adição de estabilizantes, dependendo da intensidade da radiação gama e do tempo de exposição, pode provocar a desidrocloração, resultando na formação de sequências poliênicas ou formação de ligações cruzadas na cadeia, levando a um rápido processo de degradação, revelado normalmente pela mudança de coloração para tons de amarelo, até o marrom escuro (RODOLFO Jr, 2010). Para suprimir ou minimizar alterações no PVC causadas pela esterilização por radiação gama ou térmica são utilizados aditivos estabilizantes.

Diante da vasta utilização do PVC nas diversas áreas do conhecimento, em especial nas áreas médicas e alimentícias, faz-se necessário o estudo de novos aditivos que confira a esse polímero características estáveis à esterilização térmica e a radiação gama, impedindo ou minimizando a sua degradação mediante a exposição a esses diferentes processos. Assim o presente trabalho propõe a aditivação do PVC com a quitosana, já que a mesma apresenta propriedades muito interessantes, tais como biocompatibilidade, biodegradabilidade, baixas toxicidade e alergenicidade e atividades antimicrobiana e hemostática, que abrem grandes perspectivas para aplicações nas áreas médica, na agricultura, nas indústrias alimentícias e de cosméticos. A quitosana também possui a capacidade de interagir com diferentes substâncias, tais como lipídeos, proteínas, corantes, íons metálicos, herbicidas e pesticidas, o que indica potenciais aplicações voltadas à concentração, recuperação, análise e separação dessas substâncias bem como à descontaminação de efluentes industriais (CAMPANA FILHO *et al*., 2007).

Assim, esse trabalho teve como objetivo geral avaliar a estabilidade de filmes de PVC aditivados com quitosana frente aos processos de esterilização térmica ou exposição à radiação gama por análise de componente principal.

METODOLOGIA

A quitosana utilizada neste trabalho foi a de massa molar média, com grau de desacetilação de 75-85%, na forma de pó, da Marca Sigma-Aldrich. O Ácido Acético P.A. e o Tetrahidrofurano P.A. foram da Marca Vetec Química Fina Ltda. O PVC foi fornecido pela Tiletron. Todos os reagentes foram utilizados como recebidos sem preparação prévia.

Para os filmes de PVC puro utilizou-se 1,7 g de pó de PVC, que foram dissolvidos em 40 mL de THF (tetrahidrofurano) em um frasco de Erlenmeyer de 250 mL, sob agitação magnética, até total dissolução do pó, sendo seguida a solução transferida para uma placa de Petri (Ø = 15 cm) que foi mantida a temperatura ambiente, sem controle da umidade, até total evaporação do solvente. Os filmes foram preparados pelo método de evaporação do solvente. Foram confeccionados 30 filmes de PVC puro.

Os filmes de quitosana foram obtidos dissolvendo-se 1 g de quitosana em solução de 0,5% de ácido acético, sob agitação magnética durante uma hora. Após a dissolução completa, a solução foi vertida em uma placa de Petri (Ø = 15 cm), e seca em estufa a 40°C até completa evaporação da água e formação do filme. Os filmes foram preparados pelo método de evaporação do solvente. Foram produzidos 10 filmes de quitosana.

Foram dissolvidas 1,7 g de PVC (pó) em 40 mL de THF sob agitação magnética até total dissolução do PVC. Em seguida foi adicionada a essa solução 2 mL de ácido acético para diminuição do pH da solução (4,0) sob agitação magnética por 30 minutos. Logo mais foi adicionada 1mL de solução de quitosana a essa mistura e mantida a agitação magnética por cerda de 2 horas. Após esse processo a solução foi transferida para uma placa de Petri e mantida a temperatura ambiente para evaporação do solvente.

Os filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana foram submetidos à esterilização em autoclave da Marca Fanem (modelo 415). O processo consistiu no aquecimento até 120 °C, sob pressão de 1 atm. Nessas condições os filmes foram mantidos por 15 minutos. Sendo em seguida, a autoclave desligada, aberta a válvula de escape do vapor até seu resfriamento. Uma vez resfriada, os filmes foram retirados.

Os filmes foram irradiados à temperatura ambiente nas doses de 25, 50 e 75 kGy. A radiação foi realizada com os raios gama provenientes de uma fonte de ^{60}Co em equipamento

da Marca “Gamacel” (modelo GC 220), localizado no Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco. Foram irradiados 5 filmes para cada dose.

As análises de espectroscopia no infravermelho (FTIR) foram realizadas em espectrômetro da Marca Perkin Elmer (modelo Spectrum 400 FT-IR/ FT-NIR), com o acessório de reflexão total atenuada horizontal (*Horizontal Attenuated Total Reflectance*-HATR). As medidas foram realizadas no infravermelho médio sob as seguintes condições: comprimento de onda na faixa de medida de 4000 a 650 cm^{-1}; número de Scans: 16; resolução: 4 cm^{-1}; tipo de medida: Reflectância Total Atenuada; unidade de medida: %T; formato do resultado: DX.

A avaliação dos espectros obtidos por infravermelho médio dos filmes de PVC puro, quitosana pura e PVC aditivado com quitosana, antes e após os processos de esterilização térmica ou exposição à radiação gama foi feita pela técnica estatística multivariada de Análise por Componentes Principais (PCA). Esta técnica fundamenta-se em reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados com o mínimo de perda de informações, através de uma projeção em eixos ortogonais (WU; MASSART; JONG, 1997; MOITA NETO, 1998). Os cálculos foram feitos empregando o programa computacional *“Unscrambler 7.6”*. Antes da realização da PCA, os espectros foram submetidos ao pré-processamento suavização com filtro Savitzky-Golay, com janela de 7 pontos e polinômio de 2ª ordem combinada com a variação normal padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise das características físicas (transparência, uniformidade e coloração) foi padronizada a quantidade de solução quitosana (2 mL, equivalente a 1,2% m/m) adicionada à solução de PVC e foram produzidos os filmes de PVC aditivado com a quitosana seguindo a metodologia 3 descrita no capítulo materiais e métodos.

A Figura 1 mostra a fotomacroscopia do filme obtido a partir da metodologia 3. O mesmo apresentou-se uniforme, opaco, de coloração branca. Provavelmente a quitosana não precipitou, pois houve diminuição do pH da solução de 7,0 para 4,0. Segundo Damian e colaboradores (2005) a quitosana é insolúvel em água, em solventes orgânicos e em bases, mas é solúvel na maioria das soluções de ácidos orgânicos com pH inferior a 6,0. O ácido acético e o fórmico são os mais usados para a solubilização da quitosana.

Figura 1: Fotomacroscopia do filme PVC aditivado com a quitosana utilizando a metodologia 3.



Os filmes de PVC, quitosana e de PVC aditivado com quitosana estudados neste trabalho são apresentadas na Figura 2. Quanto ao aspecto, os filmes de PVC (Figura 2 a) apresentaram-se homogêneos, transparentes e sua espessura média foi de 0,08 ± 0,02 mm. Os filmes de quitosana (Figura 2 b) apresentaram-se homogêneos, transparentes, com espessura média de 0,06 ± 0,03 mm. Os filmes de PVC aditivado com quitosana (Figura 2 c) apresentaram-se homogêneos, opacos, com espessura média foi de 0,27 ± 0,05 mm. A opacidade do filme pode ser atribuída à adição do ácido acético. Foram produzidos 30 filmes de PVC puro, 10 filmes de quitosana e 30 filmes de PVC aditivado com quitosana.

Figura 2: Fotomacroscopia de filmes de PVC (a); quitosana (b); PVC aditivado com quitosana (c).



(a) (b) (c)

A Figura 3 apresenta a fotomacroscopia dos filmes de PVC após o processo de exposição à radiação gama. Pode-se notar que a partir da dose de 50 kGy houve mudança de coloração, passando de transparente para marrom claro e tornando-se mais escuro para a dose de 75 kGy. Essa característica indica uma possível degradação para essas doses, pois segundo

Rodolfo Jr e Mei (2007) e De Paoli (2008), a mudança de coloração é uma das características que indicam degradação.

Figura 3: Fotomacroscopia dos filmes de PVC expostos a diferentes doses de radiação gama: (a) 0 kGy; (b) 25 kGy; (c) 50 kGy; (d) 75 kGy.



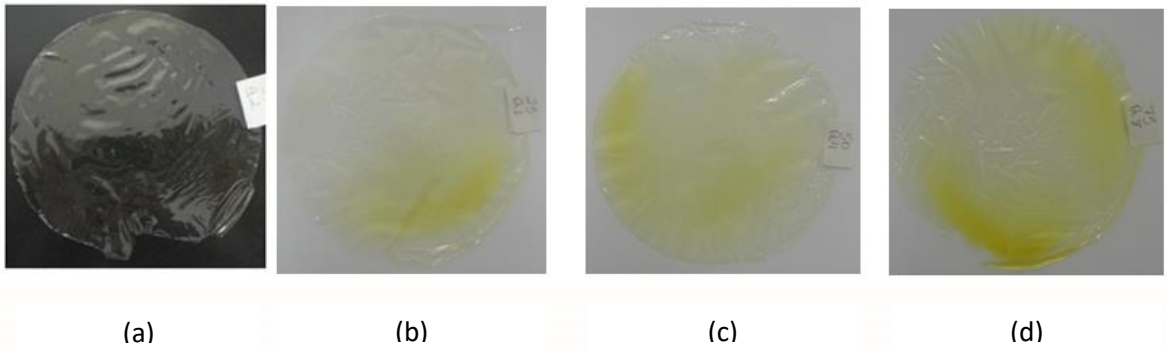
(a) (b) (c) (d)

Esses resultados estão de acordo com os autores Campi e colaboradores (2014) que observaram alterações na coloração de suas amostras de PVC quando foram expostas às doses crescentes de radiação (0, 50, 100, 250 e 500 kGy), ocorrendo a mudança da coloração branca (dose: 0 kGy) para castanho que variou do claro ao escuro de acordo com o aumento da dose. Provavelmente, devido o processo de desidrocloração.

A desidrocloração envolve uma reação progressiva entre átomos de cloro e hidrogênio vizinhos ao longo da cadeia polimérica, sendo formada uma ligação dupla entre os átomos de carbono nas posições em que os dois átomos estavam originalmente ligados; desenvolve-se deste modo uma estrutura de cloro alílico com o próximo átomo de cloro da cadeia polimérica, sendo que o átomo de cloro está altamente ativado, e dá continuidade ao processo de degradação. O desenvolvimento da coloração é atribuído ao conjunto de duplas ligações conjugadas formadas nesse processo (BRAUN; BEZDADEA, 1986; CLOUGH *et al.*, 1995; CLOUGH *et al.*, 1996; CAMPI *et al.*, 2014).

As fotomacroscopias dos filmes de quitosana antes e após o processo de exposição à radiação podem ser observados na Figura 4 (a, b, c, d). Esses filmes tomaram coloração amarelada, e a intensidade do tom da cor aumentou em função do aumento da dose empregada. O amarelamento é uma característica da degradação (De Paoli, 2008). O efeito de escurecimento sobre o filme de quitosana, como resultado da exposição aos raios gama pode ser atribuído ao aumento da concentração de C═O no filme, que aumenta conforme o aumento da dose de irradiação, devido à reação de cisão em cadeia. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Zainol, Akil e Mastor (2009).

Figura 4: Fotomacroscopia dos filmes de quitosana irradiados a distintas doses: 0 kGy (a); 25 kGy (b); 50 kGy (c); 75 kGy (d).

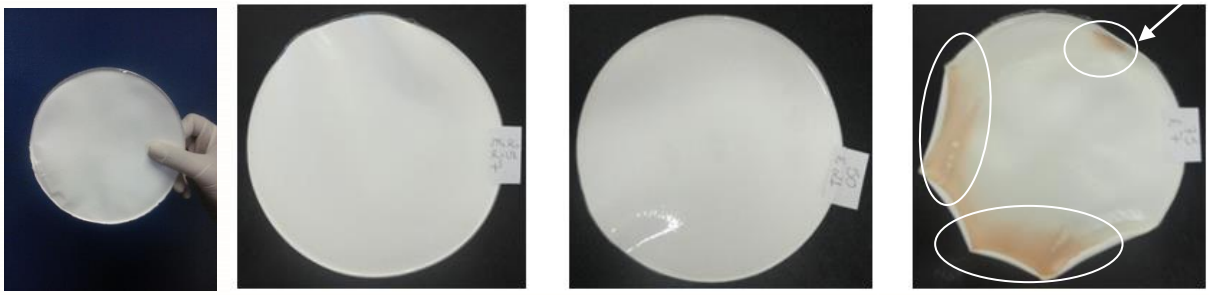


(a) (b) (c) (d)

Os filmes de PVC aditivado com quitosana antes e após o processo de exposição à radiação gama são mostrados na Figura 5 (a, b, c, d). Como se observa a mudança de coloração ocorreu apenas para o filme irradiado com a dose de 75 kGy, apresentando partes marrons, que podem ser atribuídas à degradação. Indicando uma possível estabilização para as doses de 25 e 50 kGy.

Com base nos resultados apresentados pode-se perceber visualmente que a coloração dos filmes de PVC mais afetados pela exposição aos raios gama foram os paras doses de 50 e 75 kGy, os irradiados a 25 permaneceram intactos. Os filmes de quitosana todos foram afetados. Os filmes de PVC aditivados com quitosana que apresentaram maiores alterações pela exposição à radiação gama foram apenas os irradiados com dose de 75 kGy.

Figura 5: Fotomacroscopia dos filmes de PVC aditivados com quitosana expostos a diferentes doses de radiação: 0 kGy (a); 25 kGy (b); 50 kGy (c); 75 kGy (d).

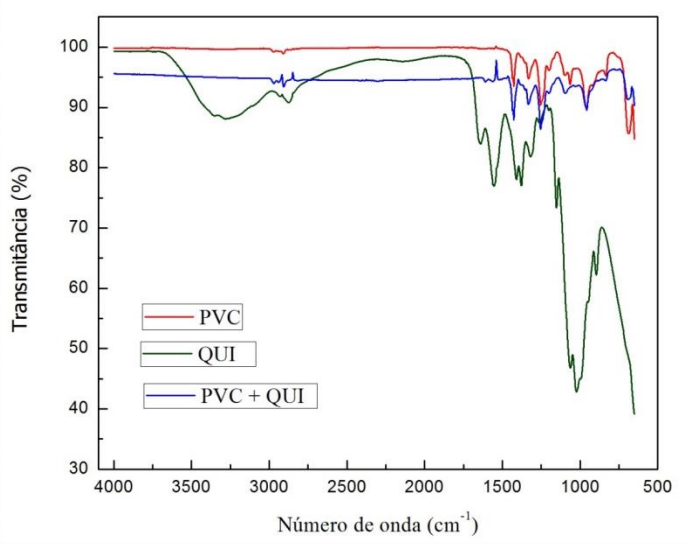


(a) (b) (c) (d)

Os espectros dos filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana nas regiões de 4000 a 650 cm^{-1}, são apresentados na Figura 6. As principais bandas encontradas para os filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana estão de acordo com as encontradas na literatura (BELTRÁN; MARCILLA; GARCIA, 1997). Pode-se observar que os espectros

de infravermelho dos filmes de PVC aditivados com a quitosana são semelhantes às bandas do filme de PVC puro, pois devido à baixa percentagem de quitosana na mistura dificultou a captação de bandas características da mesma.

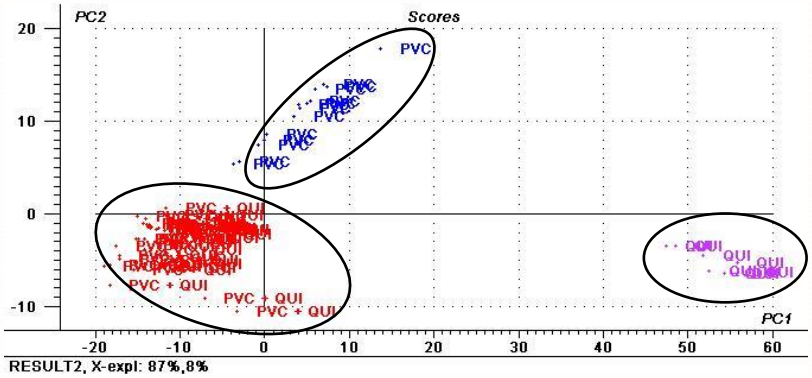
Figura 6: Espectros de infravermelho de filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com a quitosana ampliação dos espectros entre 4000 a 650 cm^{-1}.



Foi utilizada a técnica de análise de componentes principais (PCA), como uma ferramenta quimiométrica que avalia o espectro de infravermelho, incluindo todas as bandas vibracionais, e as amostras com as mesmas bandas são agrupadas como sendo pertencente ao grupo de amostras quimicamente semelhantes. O resultado da PCA para os espectros dos filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana, está apresentado na Figura 18.

A percentagem de variância (índice de explicabilidade da validade da técnica) explicada pelas PC1 e PC2 é, respectivamente, 87 e 8%. Os gráficos dos escores da PC1 x PC2 (Figura 7) evidenciou a formação de três agrupamentos distintos entre PVC (azul), quitosana (roxo) e PVC aditivado com quitosana (vermelho). Nesta Figura a PC1 foi responsável por separar as amostras de PVC e PVC aditivado com quitosana das amostras quitosana pura. A PC2 separou as amostras de PVC das amostras de PVC aditivado com a quitosana. Na porção superior do gráfico de escores estão às amostras de PVC e na porção inferior estão às amostras do PVC aditivado com a quitosana e a quitosana pura.

Figura 7: Escores de PC1 X PC2 referente aos espectros dos filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana.

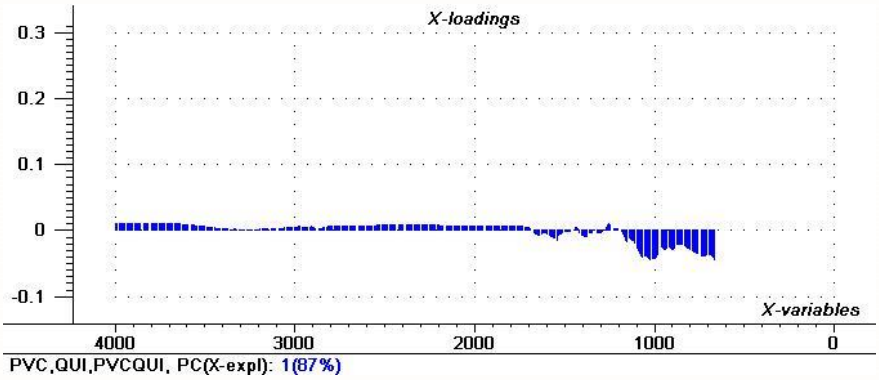


A Figura 8 apresenta o gráfico de peso dos escores da PCA, que destacou uma região que vai de 1200 cm^{-1} a 600 cm^{-1}, onde se encontram as principais variáveis responsáveis pela formação dos agrupamentos observados entre as amostras no gráfico dos escores são elas 1021 cm^{-1} referente ao estiramento C-O-C presente na quitosana e 659 cm^{-1} referente ao estiramento C-Cl presente no PVC, que estão localizadas na parte negativa do gráfico dos pesos.

Através da análise da PCA notou-se a presença da quitosana no filme de PVC aditivado.

Após os processos de esterilização térmica a que os filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com a quitosana foram expostos, obteve-se os espectros de infravermelho individualmente. Essas novas medidas foram feitas para possível avaliação de alterações químicas na estrutura dos polímeros.

Figura 8: Gráfico de peso dos escores da PCA das amostras dos filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana.



Na Figura 9 são apresentados os espectros de PVC antes a após o processo de esterilização térmica (121 °C). Foi notado um pico próximo à banda 2720 cm^{-1} que pode estar referido à formação do grupo aldeído por meio do estiramento C─H, observou-se ainda picos próximos às bandas 2355 cm^{-1} e 2847 cm^{-1} que podem ser decorrido de ruídos provocados pelo equipamento de análise. Apareceram também picos por volta de 1500 a 1750 cm^{-1} que podem estar associados à formação de cetonas a partir do estiramento de C═O e formação de duplas ligações através do estiramento C═C, respectivamente, resultados da degradação térmica sofrida. Esse fato foi descrito também por Haslam, Willis e Squirrel, 1981.

A PCA dos espectros dos filmes de PVC antes e após o processo de esterilização térmica encontra-se na Figura 10. A Figura dos escores PC1 x PC2 evidenciou a formação de dois grupos distintos indicando uma possível degradação química após a esterilização térmica. O que definiu a formação dos dois grupos foi a PC2. A porcentagem de variância explicada pelas PC1 e PC2 são, respectivamente, 83% e 14%. Na porção superior do gráfico de escores estão às amostras de PVC esterilizados termicamente e na parte inferior estão às amostras de PVC.

Figura 9: Espectros dos filmes de PVC in natura (vermelho); estéril (azul).

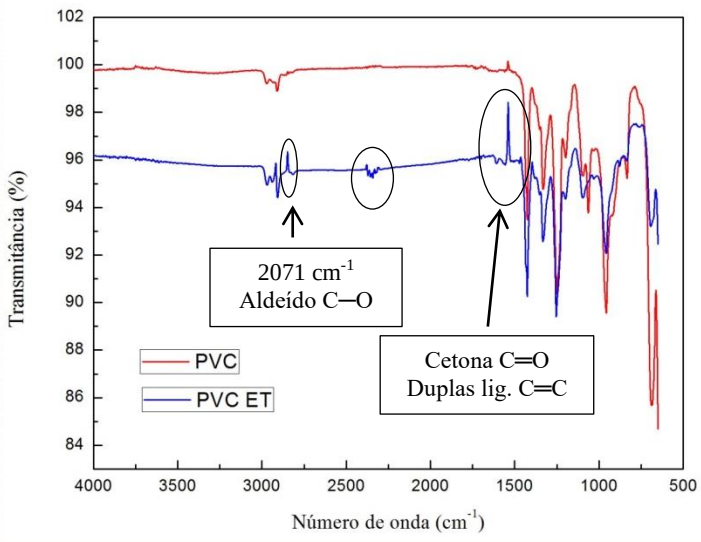
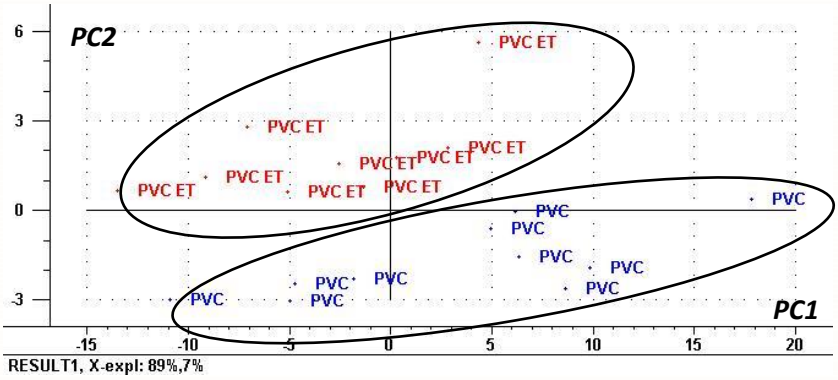
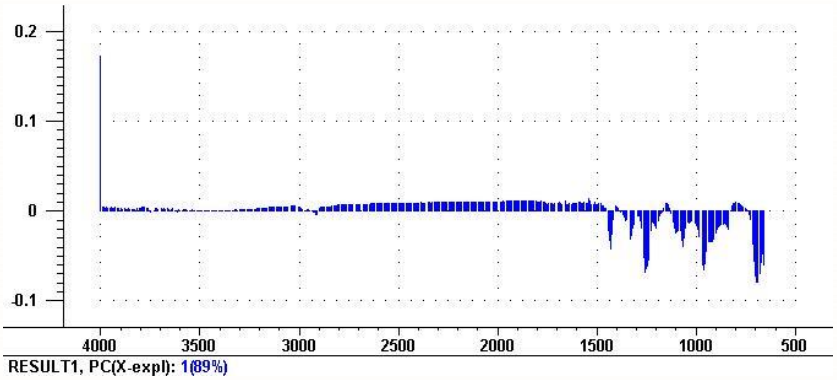


Figura 10: Escores de PC1 X PC2 referente filmes de PVC esterilizados e não esterilizados termicamente.



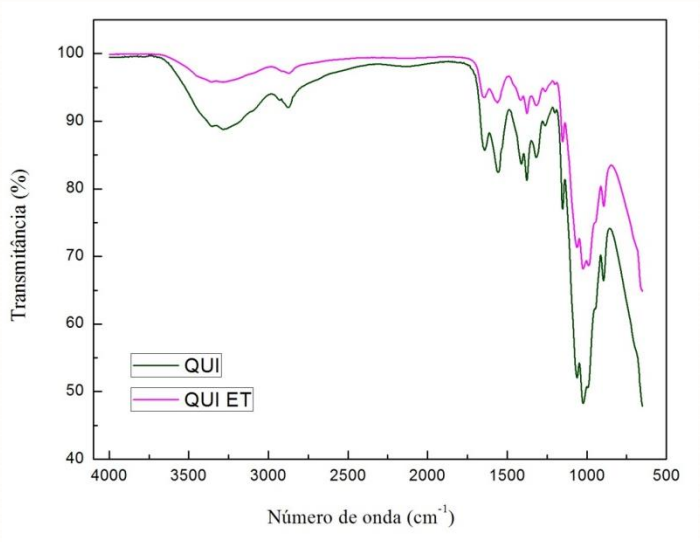
Na Figura 11 apresenta-se o peso dos escores da PCA dos espectros dos filmes de PVC, na qual, destacou-se uma região que vai de 1500 cm^{-1} a 600 cm^{-1}, onde se encontram as principais variáveis responsáveis pela formação dos agrupamentos observados entre as amostras no gráfico dos escores, que são 1428 cm^{-1} referente à deformação CH_2, 1333 cm^{-1} e 1252 cm^{-1} referentes à deformação C-H do CHCl, 958 cm^{-1} referente ao CH_2 e 682 cm^{-1} referente ao estiramento C-Cl, todas essas bandas encontram-se na parte superior do gráfico.

Figura 11: Gráfico de pesos dos escores da PCA das amostras dos filmes de PVC e PVC ET.



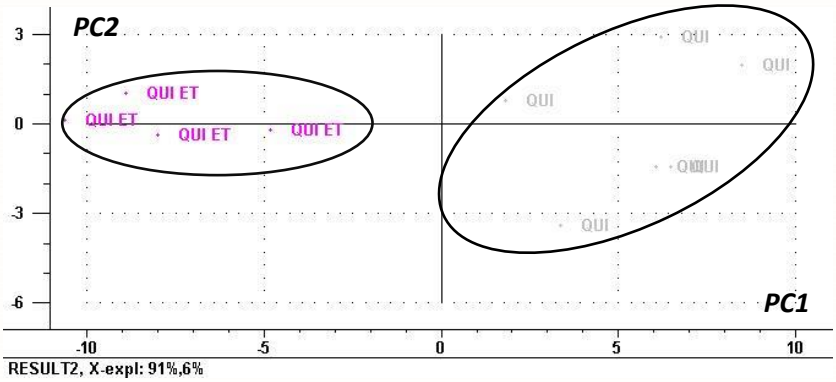
Na Figura 12 estão apresentados os espectros da quitosana antes e após o processo de esterilização térmica. Não foi possível detectar nenhuma degradação por meios dos espectros. O espectro de cor verde representa a quitosana antes do processo de esterilização térmica e a cor rosa representa o espectro da mesma após esse processo. Esse resultado está de acordo com o encontrado por Corazzari e colaboradores (2015).

Figura 12: Espectros do filme de quitosana antes (QUI) e após o processo de esterilização térmica (QUI ET).



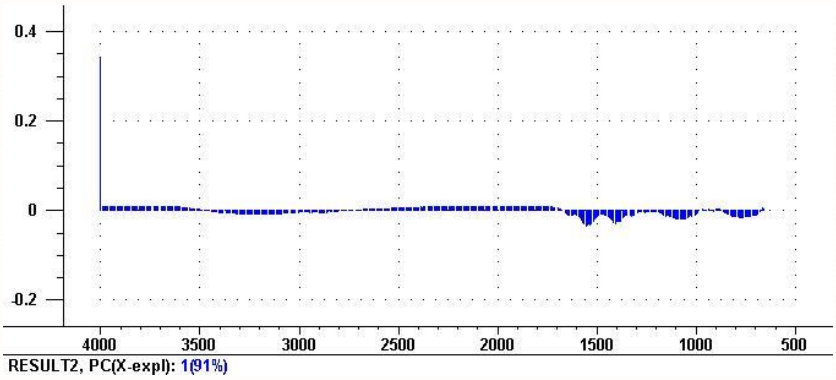
A partir da análise da PCA dos espectros da quitosana antes e após o processo de esterilização térmica (Figura 13), pode-se perceber a formação de dois grupos distintos indicando degradação térmica. O que definiu a formação dos dois grupos foi praticamente a PC1. A porcentagem de variância explicada pelas duas primeiras PC1 e PC2 são, respectivamente, 92% e 6%. Se encontrando no lado esquerdo do gráfico o grupo da quitosana esterilizada termicamente e do lado direito a quitosana sem esterilização.

Figura 13: Escores de PC1 X PC2 referente às amostras de filmes de QUI e QUI ET.



O diagrama dos pesos (Figura 14) destacou que as principais variáveis responsáveis pela formação dos agrupamentos observados entre as amostras no gráfico dos escores são elas 1550 e 1408 cm^{-1}, referente ao grupo $–NH_2$ e CH_2, respectivamente, que estão localizadas na parte inferior do diagrama.

Figura 14: Pesos dos escores da PCA dos filmes de quitosana antes e após o processo de esterilização térmica.



Para o filme de PVC aditivado com a quitosana foi possível observar uma pequena diferença entre os espectros antes e após o processo de esterilização térmica (Figura 15). No espectro do filme esterilizado mostrou a presença de um ruído por volta da banda 2300 cm^{-1}.

A PCA dos espectros dos filmes de PVC aditivado com quitosana antes e após a esterilização térmica se encontra na Figura 16. Pode-se ver a formação de dois grupos distintos caracterizando uma possível mudança referente às vibrações dos grupos funcionais na estrutura química dos polímeros, após o processo de esterilização térmica. A PC1 foi responsável pelo agrupamento das amostras. As porcentagens de variância explicada pelas PC1 e PC2 são, respectivamente, 90% e 7%.

Figura 15: Espectro do filme de PVC aditivado com quitosana (PVC-QUI; PVC-QUI ET).

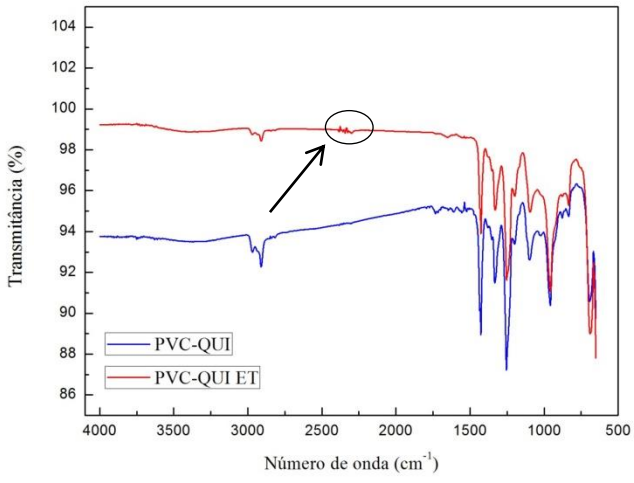
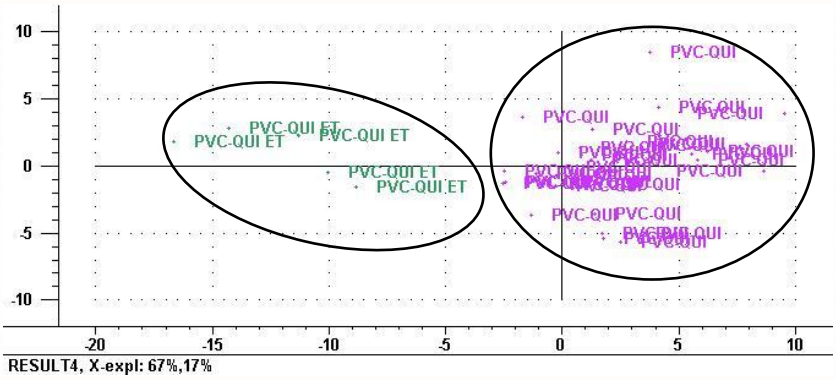
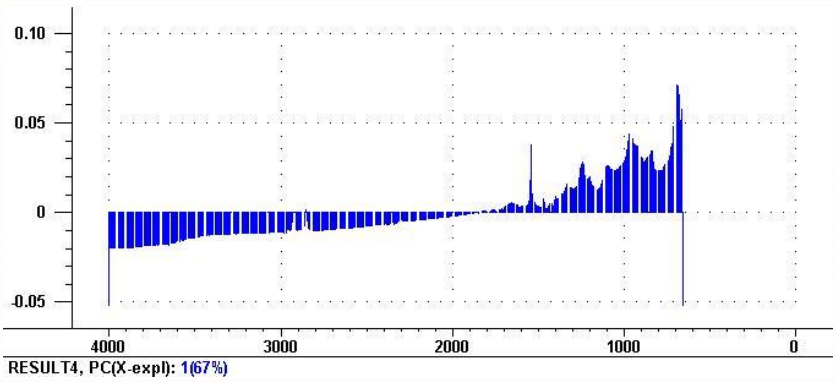


Figura 16: Escores de PC1 X PC2 referente aos espectros das amostras dos filmes de PVC aditivado com quitosana antes e após a esterilização térmica.



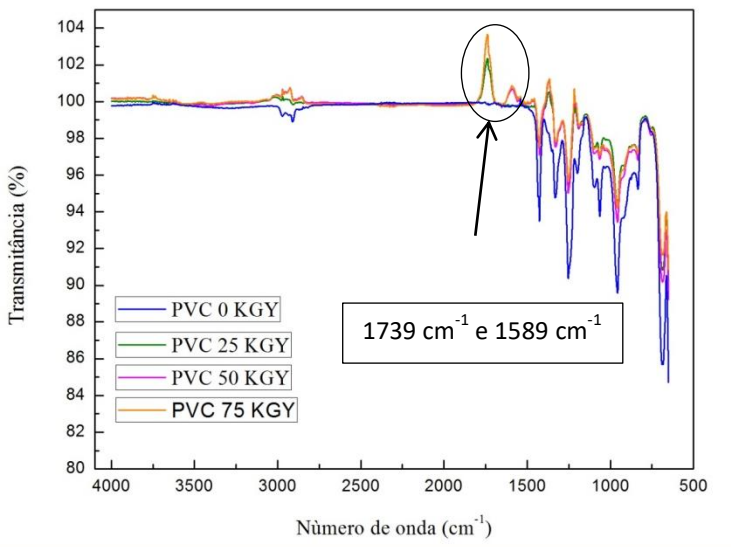
O peso dos espectros da PCA para os filmes de PVC aditivado com a quitosana é apresentado na Figura 17. Destacou-se que as principais variáveis responsáveis pela formação dos agrupamentos observados entre as amostras no gráfico dos escores são 1537, 1235, 952 e 688 cm^{-1}, referente ao grupo NH_2, deformação CH do CHCl, rotação CH_2 e estiramento C-Cl, respectivamente, que estão localizadas na parte superior do gráfico.

Figura 17: Pesos dos escores da PCA dos filmes de PVC aditivados com quitosana antes e após o processo de esterilização térmica.



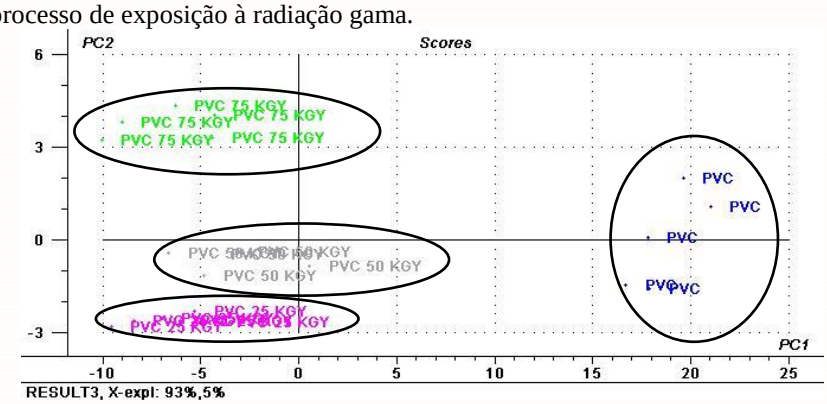
O espectro do PVC após o processo de esterilização por radiação gama para as doses de 25, 50 e 75 kGy, mostrou a presença de dois picos característicos de degradação para as bandas 1739 cm^{-1} e 1589 cm^{-1} (Figura 18). Segundo Haslan, Willis e Squirrel (1981) esses picos referem-se, respectivamente, ao estiramento C═O decorrente da formação de ácidos alifáticos e estiramento C═C referente à formação de duplas ligações.

Figura 18: Espectros do PVC irradiados a diferentes doses: 0, 25, 50 e 75 kGy.



A PCA desses espectros mostraram a formação de quatro grupos distintos de acordo com as doses inferidas, indicando alterações nos espectros, provavelmente ocasionados por uma possível degradação (Figura 19), confirmada pelo amarelamento dos filmes após exposição nas doses de 50 e 75 kGy. A definição dos grupos foi reduzida pela PC 1 com 93% de porcentagem de variância e a PC2 com 5%. A PC1 separou os três grupos irradiados (lado esquerdo) do grupo não irradiado (lado direito). A PC2 separou as amostras irradiadas de acordo com as doses de 25, 50 e 75 kGy.

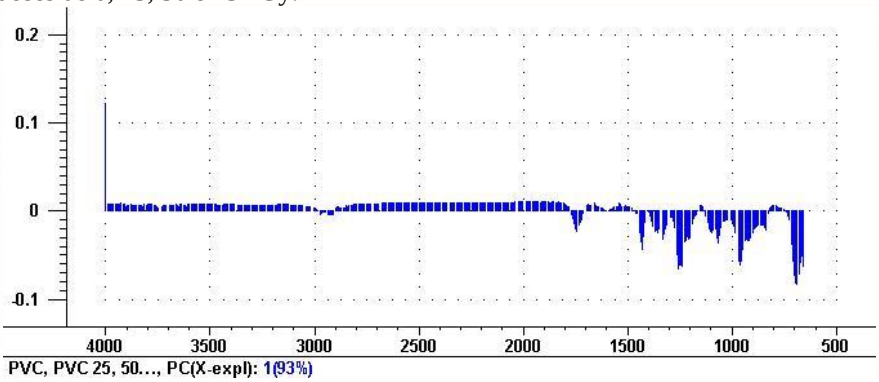
Figura 19: Escores de PC1 X PC2 referente aos filmes de PVC antes e após o processo de exposição à radiação gama.



O diagrama dos pesos (Figura 20) destacou que as principais variáveis responsáveis pela formação do agrupamento observado entre as amostras no gráfico dos escores são 1538, 958 e 698 cm^{-1}, referente à deformação CH do CHCl, rotação CH_2 e estiramento C-Cl,

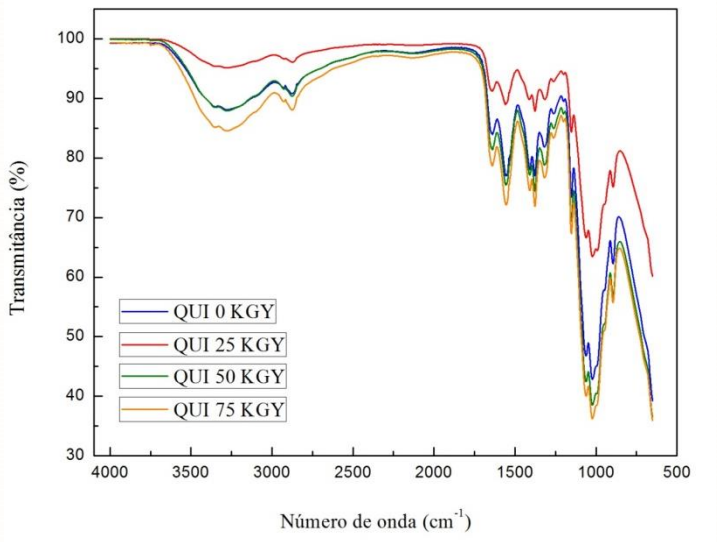
respectivamente, que estão localizadas na parte inferior do gráfico. Esse resultado confirma o que foi inicialmente discutido anteriormente, apresentado na Figura 11, referente a uma possível degradação dos filmes revelada pelas alterações da cor das suas amostras em doses crescentes de radiação.

Figura 20: Peso dos escores da PCA dos filmes de PVC expostos a radiação gama com as doses de 0, 25, 50 e 75 kGy.



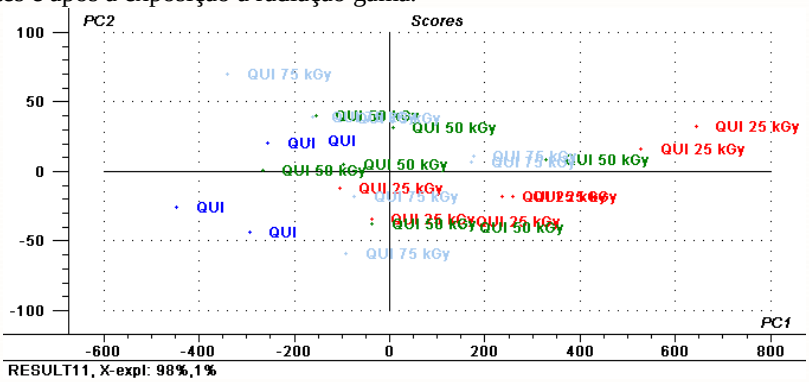
Os espectros para os filmes de quitosana nas doses 0, 25, 50 e 75 kGy são apresentados na Figura 21. Para os espectros da quitosana não foi possível identificar alterações entre as doses.

Figura 21: Espectros da quitosana para os filmes irradiados a diferentes doses: 0, 25, 50 e 75 kGy.



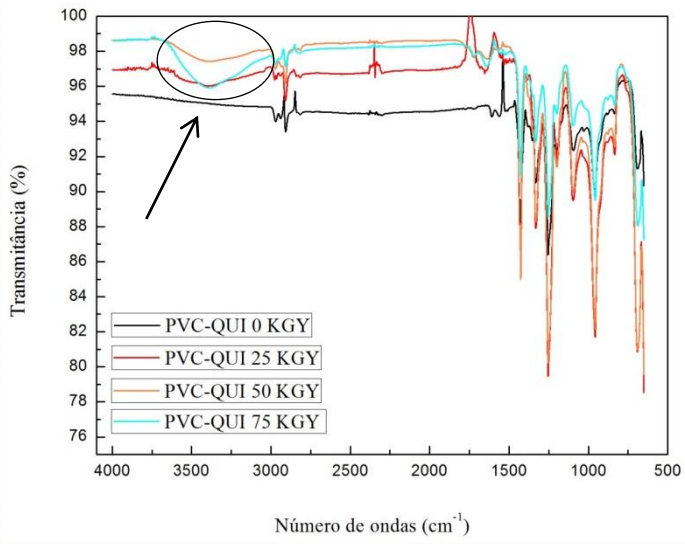
Como pode ser visto pela PCA (Figura 22) a radiação gama nas doses avaliadas não provocaram alterações significativas nos espectros, pois não houve a separação de grupos por dose de radiação.

Figura 22: Escores de PC1 X PC2 referente às amostras de filmes da quitosana antes e após a exposição à radiação gama.



Os espectros obtidos para os filmes de PVC aditivado com quitosana irradiados com 0, 25, 50 e 75 kGy são apresentados na Figura 23. Observa-se, que nas doses utilizadas há um aumento no pico referente à hidroxila da quitosana, banda 3287 cm^{-1}, de acordo com o aumento da dose de radiação. Provavelmente pode ter ocorrido a cisão de ligações glicosídicas que levou à formação do grupo hidroxila resultando na degradação da quitosana como mostrado por Wasikiewicz *et al.*, (2005).

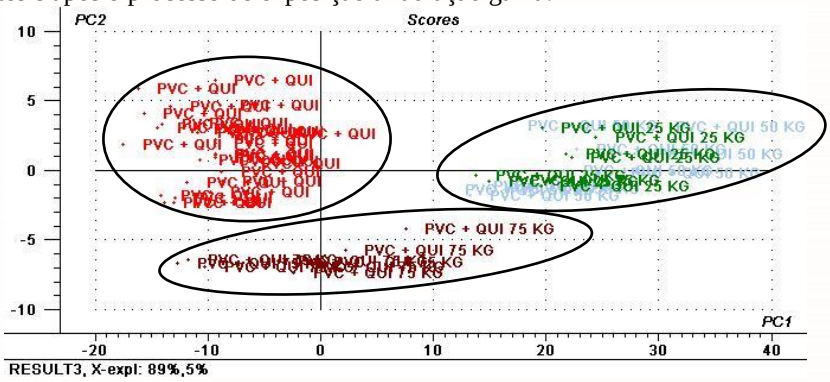
Figura 23: Espectros de PVC aditivado com quitosana irradiados a diferentes doses: 0, 25, 50 e 75 kGy.



A PCA dos espectros dos filmes de PVC aditivado com quitosana encontra-se na Figura 24. Pode-se ver a formação de três grupos distintos. Sugerindo que houve mudança nas vibrações da estrutura química do polímero, após o processo de exposição à radiação gama, confirmando os resultados de amarelamento encontrados anteriormente, indicando

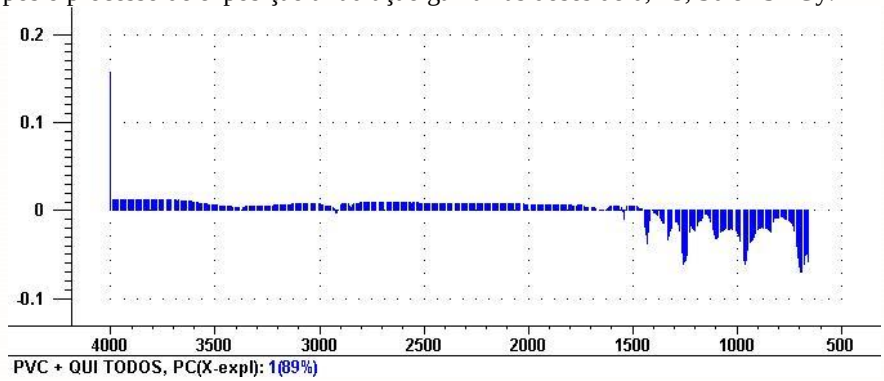
degradação. Os grupos formados foram: PVC aditivado com quitosana (vermelho) que se encontra na esquerda da PC1, PVC aditivado com quitosana irradiados com as doses de 25 e 50 kGy (verde e cinza claro, respectivamente) que se encontra no lado direito da PC1 e PVC aditivado com quitosana irradiado a 75 kGy (marrom) localizado na parte inferior da PC2. A porcentagem de variância explicada pelas das PC1 e PC2 são, respectivamente, 89% e 5%.

Figura 24: Escores da PC1 X PC2 dos filmes de PVC aditivado com quitosana antes e após o processo de exposição à radiação gama.



O diagrama dos pesos (Figura 25) destacou que as principais variáveis responsáveis pela formação do agrupamento observado entre as amostras no gráfico dos escores são 1427 cm^{-1} referente à deformação CH_2, 1257 e 1238 cm^{-1} referente à deformação do C-H do CHCl e as bandas 698 e 655 cm^{-1} referente ao estiramento C-Cl, que são bandas características do PVC puro, e estão localizadas na parte inferior do gráfico. Essas características são semelhantes as dos filmes de PVC expostos ao processo de exposição à radiação gama.

Figura 25: Pesos dos escores da PCA dos filmes de PVC aditivado com quitosana após o processo de exposição à radiação gama nas doses de 0, 25, 50 e 75 kGy.



Por meio dos resultados obtidos fica expressiva a importância do estudo da PCA's, pois através dela podem-se observar as possíveis alterações nas vibrações das estruturas

químicas dos polímeros que os processos de esterilização térmica ou exposição à radiação gama causaram nos filmes de PVC, quitosana e PVC aditivado com quitosana, que não foram evidenciadas apenas pelos espectros dos filmes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises das PCA's feitas partir dos espectros de infravermelho das amostras dos filmes de PVC antes e após os processos de esterilização térmica mostraram a formação de dois grupos, e após a exposição aos raios gama mostraram a formação de quatro grupos. As PCA's dos filmes de quitosana apenas identificou a formação de grupos para os filmes esterilizados termicamente. E para os filmes de PVC aditivado com a quitosana houve formações de grupos após exposição aos dois processos.

REFERÊNCIAS

BELTRÁN, M.; MARCILLA, A.; GARCIA, J.C. Infrared spectral changes in PVC and plasticized PVC during gelation and fusion. **European Polymer Journal**, vol. 33, nº 4, p. 453 - 462, 1997.

BRASKEM, 2013. Disponível em: <http://www.braskem.com/site.aspx/Detalhe-releases/A-revolucao-do-PVC-e-sua-contribuicao-para-o-desenvolvimento-urbano-no-Brasil>.Acesso em 18 de dezembro de 2013.

BRAUN, D.; BEZDADEA, E. - "Theory of degradation and stabilization mechanisms", in: Encyclopedia of PVC – Volume 1: Resin manufacture and properties, 2. ed, L. I. Nass & C. A. Heiberger (ed.), Marcel Dekker, Nova York, 1986.

CAMPANA-FILHO, S. P.; SIGNINI, R.; CARDOSO, M. B. Propriedades e Aplicações da Quitosana. **Revista de Processos Químicos,** 2007.

CAMPI, F.; CASAGRANDE, M.; FRANZONI, G.; MINELLI, C.; PORTA, A.; RAMELLA, G. A study of the behavior of bi-oriented PVC exposed to ionizing radiation and its possible use in nuclear applications. **Radiation PhysicsandChemistry**, 99, p. 86–91, 2014.

CLOUGH, R. L.; MALONE, G. M.; GILLEN, K. T.; WALLACE, M. B.; SINCLAIR, M. B. Discoloration and subsequent recovery of optical polymers exposed to ionizing radiation. **Polymer Degradation and Stability**, 49, p. 305–313, (1995).

CORAZZARI, I.; NISTICO, R., TURCI, F.; FAGA, M. G.; FRAGOSO, F.; TABASSO, S.; MAGNACCA, G. Advanced physico-chemical characterization of chitosan by means of TGA coupled on-line with FTIR and GCM: Thermal degradation and water adsorption capacity. **Polymer Degradation on Stability**. Vol.112, p. 1-9, 2015.

DAMIAN, C.; BEIRÃO, L. H.; FRANCISCO, A.; ESPÍRITO SANTO, M. L. P.; TEIXEIRA, E. Quitosana: um amino polissacarídio com características funcionais. **Alimentos e Nutrição**, v.16, nº 2, p. 195-205, 2005.

DE PAOLI, M. A. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Chemkeys, 2ª versão on-line (revisada), 2008.

HASLAM, J.; WILLIS, H. A.; SQUIRREL, D. C. M. Identification and Analysis of Plastics. Heyden and Son Ltd. London, p. 177, 1981.

INSTITUTO DO PVC, 2015. Disponível em: <http:www.institutodo pvc.org> Acesso em: 20 de fevereiro de 2015.

RODOLFO Jr, A.; NUNES, L. R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. São Paulo, 2006.

RODOLFO Jr, A. Nanocompósitos de PVC, argila organicamente modificada e óxidos metálicos: estudo do processo de preparação e propriedades de combustão e emissão de fumaça. **Tese (Doutorado em Engenharia Química)**. Faculdade de Engenharia Química, Campinas, São Paulo, 2010.

RODOLFO Jr, A.; MEI, L. H. I. Mecanismo de Degradação e Estabilização Térmica do PVC. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 17, nº3, p. 263-275, 2007.

TAYLOR, C. R.; LILLIS, C.; Le MONE, P.; LYNN, P. **Fundamentos de Enfermagem**. 7ª Edição. A Arte e a Ciência do Cuidado de Enfermagem. P. 698 – 699. Editora Artmed, Rio Grande do Sul, 2011.

WASIKIEWICZ, J. M.; YODHII, F.; NAGASAWA, N.; WACH, R. A.; MITOMO, H. Degradation of chitosan and sodium alginate by gamma radiation, sonochemical and ultraviolet methods. **Radiation Physics and Chemistry**, vol. 73, p. 287–295, 2005.

WU, W.; MASSART, D. L.; de JONG, S. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems.* Vol. 36, p. 165, 1997.

ZAINOL, I.; Md AKIL, H.; MASTOR, A. Effect of γ-irradiation on the physical and mechanical properties of chitosan poder. **Materials Science and Engineering,** C 29, p: 292–297, 2009.

ESTUDO DE ADSORÇÃO UTILIZANDO A CORTIÇA (*QUERCUS SUBER)* PARA ADEQUAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Francisco Carlos de Medeiros Filho [1]
Vilma Araújo da Costa [2]
Denise Domingos da Silva [3]

RESUMO

A problemática da água é um fator que atinge a maioria da sociedade brasileira, principalmente na região nordeste, quando os períodos de estiagem se intensificam fazendo com que a água se torne de difícil acesso à população. Nesse contexto, a utilização de águas subterrâneas constitui-se a forma mais acessível que a população dispõe para suprir as necessidades básicas de consumo. Entretanto, o uso indiscriminado ignora a possibilidade da contaminação química da água e essa, por conseguinte, poderá provocar danos à saúde humana, por isso, a utilização de adsorventes naturais é um recurso viável e de baixo custo para o tratamento de amostras de água. Este trabalho teve como objetivo demonstrar a eficiência do adsorvente natural proveniente da Cortiça como meio viável e de baixo custo para tratamento da remoção de dureza total de águas. Para isso, foi necessário realizar determinações de pH, turbidez e condutividade elétrica. Como também, determinar o teor de cloretos, alcalinidade, dureza total, acidez e as concentrações de Sódio e Potássio no fotômetro de chama. Após a realização do estudo, foi possível verificar a eficiência da cortiça como adsorvente natural para tratamento de amostras de águas. Com este adsorvente foi possível constatar a redução da dureza total e pequenas variações nas medidas de pH das amostras, atendendo a portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Diante disso, o adsorvente natural (cortiça) apresenta-se como promissor por ser um material viável economicamente e não polui o meio ambiente após sua utilização.

Palavras-chave: : análise de águas, cortiça, adsorvente natural.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para manutenção e sobrevivência dos seres vivos, como também para a indústria. No entanto, a sua disponibilidade tem se tornado cada vez mais limitada com o passar do tempo. “O planeta terra possui em sua constituição 70% de água distribuída ao longo dele, sendo desse percentual apenas 3% de água doce, que seria a água própria para consumo humano, porém, esse percentual não está totalmente disponível para uso.” (GOMES, 2011).

[1] Mestrando do curso de Ciências Naturais e Biotecnologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, carlosfilho1202@gmail.com;
[2] Doutora pelo Curso de Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, vilmacostabio@gmail.com;
[3] Doutora em Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, dedomingos@gmail.com;

Nessa perspectiva, estudos mostram a necessidade de sanar a problemática da água utilizando-se de águas subterrâneas. De acordo com Costa et al. (2012), as águas subterrâneas são de extrema importância, principalmente como reservatório de água doce que se encontra disponível para os seres vivos. Considerando que mais de 60% da população mundial tem como principal fonte de águas os lençóis freáticos e subterrâneos.

No Brasil, a crise hídrica atinge a maioria da população, principalmente daqueles que não dispõe de fonte de água natural na região. Isso vem sendo destaque nos meios de comunicação, que evidenciam a necessidade da população para o consumo. “Essa realidade, impulsionou as autoridades a se posicionarem no que diz respeito à situação da escassez.” (SILVA; RAMALHO, 2015). As primeiras práticas políticas criadas para diminuição da problemática foi à criação de açudes para a população da zona urbana e as escavações de poços e cisternas para a população rural. (CAMPOS; MAGALHÃES, 2012).

Segundo Alcoforado (2015), a população mundial já consome 50% de água doce disponível no mundo e que em 40 anos o percentual de consumo aumentará até 80% da utilização de água doce da terra. Esse dado é preocupante, tendo em vista uma má distribuição desse recurso para a população e, consequentemente, em virtude da diminuição dos recursos hidricos, as pessoas utilizarão gradativamente mais águas impróprias para o consumo humano, resultando com isso em mais de 60% das pessoas doentes pelo uso inapropriado de águas não tratadas.

Em conformidade com Oliveira et al. (2016), diante da problemática acerca do controle da qualidade de águas consumidas e o tipo de abastecimento, seja por domicílios e/ou por águas subterrâneas, pode-se está sendo preenchida sem devida análise, entretanto, este uso indiscriminado ignora a possibilidade da contaminação química da água e esta, por conseguinte, poderá provocar danos à saúde humana, ao meio ambiente e a indústria.

Na região semiárida, devido principalmente à escassez, à população vem sofrendo pela falta de abastecimento de água e sua distribuição ocorre de forma desigual, já que esses recursos são ofertados por intermédio de carros pipas e captação residencial da água de chuva. Essa crise progride de forma drástica à população nordestina, é o caso no semiárido paraibano em que a crise pela falta de água é um fator natural da própria região.

Além das problemáticas mencionadas anteriormente, soma-se outros fatores que contribuem para que a população use de modo inaprorpiado os recursos disponíveis como, por exemplo, alguns combustíveis poluentes ao meio ambiente, causando um aumento desenfreado de substâncias nocivas no solo, ar e atmosfera. “Esses combustíveis são importantes fontes de contaminação do solo e do lençol freático.” (FREIRE; TRANNIN;

SIMÕES, 2014). Nesse sentido, a indústria tem procurado recursos que minimizem os contaminantes presentes em águas para que as mesmas possam ser úteis e renováveis, a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente.

Adsorção é um dos processos mais eficientes de tratamento de águas, sendo empregadas nas indústrias para reduzir dos seus efluentes os níveis de compostos tóxicos ao meio ambiente. A adsorção é um fenômeno físico-químico de grande importância, devido as suas múltiplas aplicações. Esse processo decorre quando um componente líquido ou gasoso (adsorvato) é transferido para a superfície de uma fase sólida (adsorvente). Essa técnica permite o tratamento especifico do adsorvato, ou seja, a matriz conhecida a partir de adsorventes sintéticos ou naturais (MOREIRA, 2008).

Dessa forma, a utilização de adsorventes de cunho natural tem sido utilizados nos dias atuais para remoção de alguns contaminantes que as águas apresentam em certa região. A importância do adsorvente é garantir a capacidade de remoção de contaminantes, reuso da água, utilidade do subproduto, onde os mesmos são geralmente descartados pela falta de utilidade aparente.

De acordo com Bandeiras (2014) os carvões derivados da cortiça permitiram remover até 90% da concentração de cada fármaco das águas, que podem melhorar a qualidade da água a partir da obtenção dessa biomassa. O tipo de tratamento dos aglomerados de cortiça gera uma característica diferente, isto é, estrutura porosa interna dos grânulos, o que influenciará a afinidade para cada molécula.

Nessa perspectiva, as pesquisas recentes apontam que a utilização de cortiça e seus derivados apresentam propriedades que atuam como adsorvente natural para tratamento de águas. Diante disso, o trabalho teve como objetivo caracterizar as propriedades fisico-químicas de águas da cidade de Taperoá – PB, objetivando utilizar adsorvente natural, proveniente da cortiça, para tratamento das amostras de águas. A relevância dessa pesquisa trará contribuições significativas à população de Taperoá, pois disseminará o conhecimento a respeito da qualidade da água na microrregião do Cariri Ocidental, assim também como a utilização da adsorção no tratamento de águas.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo foi no município de Taperoá, no estado da Paraíba (Brasil), localizado na microrregião do Cariri Ocidental, latitude 07° 12’ 27’’ S e longitude 36° 49’ 36’’ W, com uma área territorial de 644.156 km² e uma população estimada de 15.276 habitantes (IBGE, 2017), sendo assim, castigado por secas. A fonte que abastece a cidade é localizada no açude Manoel Marcionilo e de águas subterrâneas para consumo e utilidades domésticas que se distribui para a sociedade.

As análises foram realizadas por triplicata para cada amostra da **tabela 1** e utilizado um intervalo de confiança de 95% para a estimação da incerteza nos dados medidos. Essas coletas foram realizadas no período de seca e/ou escassez.

Tabela 1. Localização dos pontos de coleta de águas do município de Taperoá-PB.

Amostras	Localização
A	Açude Manoel Marcionilo
B	Rua 15 de Novembro (Igreja)
C	Rua Assis Vicente (Posto)
D	Reservatório Marcos Vicente
E	Rua São José
F	Rua Antônio Noel de Farias
G	Sítio Parelhas
H	Sítio Quixaba

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Caracterização dos parâmetros físico-químicos

As análises foram realizadas no laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande/Cuité-PB. As metodologias seguiram recomendações do livro *Standard methods for the examination of water and water* (APHA, 2006). Pelo manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013), e o livro Águas e Águas métodos laboratoriais de análises físico-químicas (MACÊDO, 2001).

pH

A determinação de pH das amostras foram realizadas em um peagâmetro pH 21 – Hanna, sendo o mesmo previamente calibrado com soluções tampão ácido de 4,00 ± 0,01, neutro de 7,00 ± 0,01.

Condutividade elétrica

A condutividade foi determinada utilizando um condutivímetro mCA-150/Mca-150P sendo previamente calibrado com solução padrão de cloreto de potássio (KCl) 146,9 µS/cm ± 0,5%, com uma temperatura padronizada de 25ºC.

Turbidez

A turbidez foi determinada por um turbidímetro modelo TB1000, previamente calibrado com soluções padrões de 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU. Em seguida, o recipiente foi lavado três vezes com água destilada e posteriormente com a água da amostra. A leitura das amostras foi realizada em triplicata, acompanhadas com desvio padrão.

Dureza total

Para determinação da dureza foi utilizado o método Clássico de Volumetria de Complexação utilizando o agente titulante EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) com a concentração de 0,01 $mol.L^{-1}$ e utilizando como indicador Negro de Eriocromo – T com pH 9,4. (APHA, 2006).

Cloretos

Na determinação de cloretos foi utilizado a Volumetria de Precipitação com Nitrato de Prata ($AgNO_3$) 0,1 $mol.L^{-1}$ pelo método de Mohr. E como indicador o Cromato de Potássio (K_2CrO_4) 0,1 $mol.L^{-1}$. (APHA, 2006).

Alcalinidade

As medidas de alcalinidade foram realizadas pelo método de volumetria de neutralização com ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 $mol.L^{-1}$ como agente titulante e solução indicadora alaranjado de metila 0,1 $mol.L^{-1}$. (APHA, 2006).

Sólidos dissolvidos totais

Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) foram estimados a partir dos valores de condutividade elétrica (CE) indicados pela equação de Holanda e Amorim (apud Casali 2008).

Fotômetro de Chama

Para a determinação de outros cátions metálicos, como Na^+ e K^+ foi utilizado um fotômetro de chama *QUIMIS Q498M*, que usa filtros para a determinação desses cátions. O aparelho foi calibrado com soluções padrão de 10 ppm de Na^+ e K^+ com dimensões de 30 x 37 x 52 cm. Logo, as amostras de águas foram sendo analisadas com as respectivas concentrações e determinando a coloração da chama especifica de cada substância. (QUIMIS, 2011).

Figura 1. Equipamento Fotômetro de chama



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

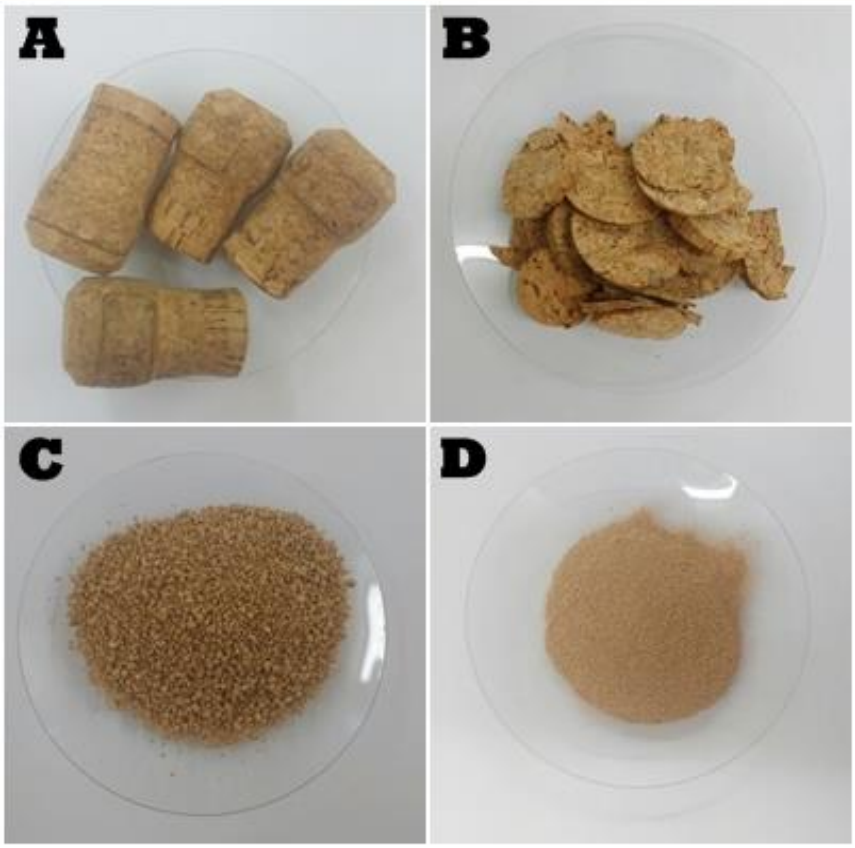
Determinação da acidez

Para determinação da acidez foi utilizado o método de volumetria ácido-base considerando o agente titulante hidróxido de sódio (NaOH) 0,01M e a fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) 0,1 M como indicador. Sendo caracterizado por carbonato de cálcio ($CaCO_3$). (APHA, 2006)

Preparação do adsorvente

Para obtenção do adsorvente, o material foi cortado em pedaços menores e triturado no liquidificador doméstico marca *MUNDIAL* em forma de farelo. Em seguida, a cortiça foi pesada em uma balança analítica marca *BEL ENGINEERING* com 24V ± 550mA modelo *M214Ai*. Depois, o adsorvente passou por duas triturações a cada dez minutos. O material depois de triturado, foi secado em estufa de secagem modelo: Q31711-23 com 110/220V – 1000W a 60°C. Posteriormente, foi peneirado com uma peneira de plástico do tipo *mesh 1*.

Figura 2. (A) Cortiças coletados. (B) Cortiças cortadas. (C) grãos processados. (D) trituradas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tratamento com adsorventes

Após a determinação dos parâmetros físico-químicos foram realizados testes de adsorção onde as amostras foram tratadas por meio de filtração. Os parâmetros analisados de dureza total e pH antes do tratamento foram repetidos após o tratamento com o adsorvente proveniente da cortiça para comparação dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos dados da **tabela 2**, a maioria das amostras apresenta elevada dureza total, no entanto, as únicas amostras que estão abaixo do valor permitido pelo Ministério da Saúde são A (200 ± 0,10) e D (183 ± 0,23). As amostras E, F, G e H apresentaram uma dureza total alta de acordo com o Ministério da Saúde, que considera em conformidade com a Portaria Nº 2.914/2011 o valor máximo permitido para água é de 500 $mg.L^{-1}$ (BRASIL, 2017). Ou seja, a água apresenta grande quantidade de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Isso indica a necessidade de tratamento com relação à dureza total devido as altas concentrações elencadas na **tabela 2**.

Já o pH de todas as amostras analisadas estão de acordo com o que é estabelecido pelo Ministério da Saúde. Logo, apresentam o pH entre 7 a 8,5 o que considera todas as amostras "em conformidade com o MS entre 6,5 ≤ pH ≤ 9,5 para consumo humano" (BRASIL, 2017).

Tabela 2. Análise físico-químicas de águas do município de Taperoá-PB.

Amostras	Dureza / $mg.L^{-1}$ $CaCO_3$	pH	Condutividade / $\mu S.cm^{-1}$	Acidez / $mg.L^{-1}$ $CaCO_3$
Máximo permitido pelo MS	**500**	**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**	**Não especificado**	**Não especificado**
A	200 ± 0,10	8,59 ± 0,002	221,57 ± 0,02	-
B	700 ± 0,22	8,22 ± 0,017	3,80 ± 0,01	-
C	813 ± 0,10	8,00 ± 0,03	3,94 ± 0,12	-
D	183 ± 0,23	7,97 ± 0,04	241,00 ± 1,0	-
E	1330 ± 0,29	7,73 ± 0,08	4,70 ± 0,01	10,50 ± 0,25
F	2263 ± 0,10	7,56 ± 0,01	5,39 ± 0,01	4,10 ± 0,27
G	1750 ± 0,20	7,89 ± 0,005	9,33 ± 0,01	3,60 ± 0,32
H	1247 ± 0,11	8,11 ± 0,01	4,75 ± 0,01	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No que diz respeito análise de condutividade, as amostras que apresentaram maior condutividade foram A (221,57 ± 0,02) e D (241,00 ± 1,0) o que demonstra uma grande variação entre as outras amostras que apresentaram uma condutividade relativamente baixa. Para todos os parâmetros foram empregados os valores máximos permissíveis segundo a Portaria MS Nº 2.914/2011 (BRASIL, 2017).

No que se refere à acidez, as duas amostras de águas (F e G) apresentaram uma baixa concentração de carbonato de cálcio. Sendo que apenas a amostra E (10,50 ± 0,25) apresentou valor maior em relação às outras amostras.

Com relação à **tabela 3**, foram desenvolvidas análises de alcalinidade, cloretos, Turbidez e sólidos totais dissolvidos. No parâmetro da alcalinidade, as amostras de água apresentam altas concentrações. O MS não especifica um limite máximo permitido com relação a esse parâmetro da alcalinidade. Nesse sentindo, mesmo que a alcalinidade não seja um parâmetro tão relevante assim como os outros, precisa de tratamento específico para melhoria da qualidade de águas para consumo humano e/ou uso industrial.

No que se refere à análise de cloretos presente nas amostras de águas apresentaram uma baixa concentração, variando entre valores de 0,48 a 3,92 mg/L de cloretos. De acordo com o MS, as amostras estão dentro do que é estabelecido pela portaria.

Tabela 3. Análise da alcalinidade, cloretos, turbidez e sólidos totais de águas de Taperoá-PB.

Amostras	**|Alcalinidade| / mg/L**	**Cloretos/ $mg.L^{-1}$**	**Turbidez/(NTU)**	**STD($\mu S.cm^{-1}$)**
Máximo permitido pelo MS	**Não Especificado**	**250**	**5,0**	**Não especificado**
A	159,60 ± 0,11	3,19 ± 0,01	0,90 ± 0,05	141,8048 ± 0,02
B	199,60 ± 0,17	1,63 ± 0,05	1,47 ± 0,05	2,4320 ± 0,01
C	293,34 ± 0,12	1,61 ± 0,05	2,42 ± 0,03	2,5216 ± 0,12
D	171,60 ± 0,03	0,48 ± 0,02	1,96 ± 0,09	154,2400 ± 0,01
E	225,60 ± 0,12	2,07 ± 0,02	1,70 ± 0,03	3,0080 ± 0,01
F	253,60 ± 0,17	2,41 ± 0,01	4,0 ± 0,03	344,9600 ± 0,01
G	326,67 ± 0,01	3,92 ± 0,01	1,62 ± 0,07	5,9712 ± 0,01
H	252,90 ± 0,20	2,1151 ± 0,01	2,80 ± 0,06	3,0400 ± 0,02

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A turbidez das oito amostras de águas encontra-se de acordo com padrões estabelecidos pelo MS, considerando que o máximo permitido é 5,0 NTU. (BRASIL, 2017)

As concentração de sólidos totais encontrada na maioria das amostras de Taperoá – PB foram baixas, mas sua influência mesmo que mínima pode causar várias doenças a saúde humana e animal. Na amostra F (344,96 ± 0,01) houve uma maior concentração em relação às outras amostras. O excesso de sólidos totais podem causar vários problemas à saúde humana, como também para indústria.

De acordo com a **tabela 4**, foram analisadas as concentrações de Sódio e Potássio de amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá - PB com intuito de verificar a concentração de outros cátions dissolvidos em águas.

Tabela 4. Determinação das concentrações de Sódio e Potássio em amostras de águas do município de Taperoá – PB.

Amostras	Na^+ (ppm)	K^+ (ppm)
A	32,10 ± 1,05	28, 36 ± 0,38
B	804, 2 ± 35,19	30,4 ± 0,11
C	905,0 ± 9,13	23,6 ±0,25
D	33,16 ± 0,28	31,08 ± 4,43
E	778,6 ± 10,97	36,4 ± 0,35
F	690,8 ± 5,25	90,8 ± 0,13
G	1407,0 ± 7,96	39,2 ± 0,19
H	727, 2 ± 5,21	13, 34 ± 0,23

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Com relação à **tabela 4**, as amostras apresentaram diferentes concentrações de Sódio e Potássio no fotômetro de chama. Todas as amostras apresentaram alto teor de Sódio e baixa concentração de Potássio. Essas diferenças podem estar associadas aos tipos de minerais no solo das respectivas águas.

Estudos feitos no fotômetro de chama anteriormente por Silva; Medeiros; Medeiros; (2017) do município de Taperoá - PB em amostras de águas subterrâneas, destacam valores de sódio com concentrações altas, variando em 472 e 1.145 $mg.L^{-1}$, respectivamente, considerado fora do padrão do Ministério da Saúde (2011), onde o valor máximo permitido é

de 200 mg/L. Já em relação as concentrações de Potássio os valores variaram entre 5,85 e 14,04 $mg.L^{-1}$.

Caracterização das amostras de águas após o tratamento com o adsorvente

O adsorvente natural (cortiça) foi testado por meio de filtração para avaliar a eficiência da adsorção de amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB. A técnica se mostrou promissora na redução da dureza total e o pH foi mantido constante durante as análises.

Na determinação da dureza total, a cortiça se mostrou promissora no que diz respeito a sua redução e tratamento de águas subterrâneas. Foram analisadas as amostras A, B, C e D, E, F, G e H. Referente à eficiência, houve uma redução maior na dureza total.

Tabela 5. Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração).

Análises	**Dureza total mg/L $CaCO_3$**		**pH**	
Amostras	**A**	**B**	**A**	**B**
Antes do tratamento	200 ± 0,11	700 ± 0,22	8,59 ± 0,017	8,22 ± 0,002
Após o tratamento	90 ± 0,10	160 ± 0,20	8,16 ± 0,10	7,33 ± 0,20
	C	**D**	**C**	**D**
Antes do tratamento	813 ± 0,10	183 ± 0,22	8,0± 0,03	7,97 ± 0,04
Após o tratamento	60 ± 0,10	80 ± 0,20	8,03±0,01	7,45±0,01

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com a **tabela 5**, as amostras apresentaram variações de pH após adsorção da cortiça, isto é, não ultrapassaram os valores permitidos pelo ministério da saúde, considerando os padrões estabelecidos pela portaria Nº 2.914/11 (BRASIL, 2017). Esses valores demonstraram que o pH foi mantido, no entanto, apenas as amostras E e J houveram aumento do pH tornando-as menos ácidas em amostras que apresentam pH ácido.

De acordo com os dados da **tabela 5** a cortiça se mostrou promissora em relação à redução da dureza total nas amostras de águas subterrâneas no município de Taperoá – PB. As amostras B e C sofreram maior diminuição na concentração de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Já com a utilização do adsorvente, houve uma maior redução da dureza total das amostras de águas no processo de adsorção.

Na **tabela 6,** pode-se obervar os valores de redução da dureza total e pequenas variações de pH após o tratamento utilizando a cortiça no processo de filtração.

Tabela 6. Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração).

Análises	**Dureza total mg/L $CaCO_3$**		**pH**	
Parâmetros analisados	**E**	**F**	**E**	**F**
Antes do tratamento	1330 ± 0,29	2263 ± 0,10	7,73 ± 0,08	7,56 ± 0,01
Após o tratamento	1050 ± 0,12	2000 ± 0,17	8,07 ± 0,01	7,45 ± 0,01
	G	**H**	**G**	**H**
Antes do tratamento	1750 ± 0,20	1247 ± 0,11	7,89 ± 0,005	8,11 ± 0,01
Após o tratamento	1450 ± 0,15	1040 ± 0,11	7,72 ± 0,01	7,55 ± 0,01

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Com relação à **tabela 6** a dureza total apresentou redução a partir das concentrações de Carbonato de cálcio ($CaCO_3$). O tamanho da granulometria influenciou durante adsorção, quanto menor o granulado melhor a interação do adsorvente com a referida matriz, contribuindo para uma redução significativa da dureza total. Diante disso, esse estudo demonstrou que a área superficial da cortiça influenciou no processo de adsorção, como também o diâmetro do grânulo, ou seja, quanto menor o diâmetro do grânulo da cortiça melhor adsorção das amostras de águas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização do estudo, foi possível verificar os parâmetros físico-químicos das amostras de águas do município de Taperoá – PB. Nesse contexto, as amostras apresentaram alguns parâmetros que variaram e serviram para o tratamento do adsorvente natural (cortiça). Algumas amostras estavam fora dos parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde, sendo necessário adsorção para o tratamento de águas subterrâneas. Essas amostras obtiveram padrões fora do que é permitido pelo MS, pois apresentavam um valor elevado de dureza total, isto é, constituía-se imprópria para o consumo humano.

No entanto, após adsorção utilizando a cortiça como adsorvente natural obteve-se uma diminuição na dureza total e no pH houve pequenas variações que estavam de acordo com a Portaria n.º 2.914/2011 (BRASIL, 2017). O uso do adsorvente natural (cortiça), aplicado a filtração, apresentou resultados significativos como um importante adsorvente para este tipo de estudo. Diante disso, este trabalho é relevante, pois verificou-se a possibilidade da utilização de adsorvente natural, proveniente da cortiça, para o tratamento das amostras de águas subterrâneas e, como também, o conhecimento a respeito da qualidade da água consumida no município de Taperoá, situado no estado da Paraíba.

REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, F. **A questão da água no mundo e seus imensos desafios**. Direito UNIFACS–Debate Virtual, n. 179, 2015.

APHA – AWWA – WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater.** 19th.edition.Wasghington D.C.American Public Health Association. 2006.

BANDEIRAS, C. **Da Versatilidade da (nossa) cortiça: por um melhor tratamento de águas.** Revista online P3. Público. Acesso em: http://p3.publico.pt/actualidade/ciencia/14222/da-versatilidade-da-nossa-cortica-por-um-melhor-tratamento-das-aguas. Disponível em: 21 de Outubro de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5.** Dispõe sobre a "Consolidação das normas sobre as ações e serviços de saúde".Anexo XX – Do controle e da vigilância da Qualidade da água para consumo Humano e seu padrão de Potabilidade (origem: PRT MS/GM.Portaria n.º 2914/2011, BRASIL, 2017.

CAMPOS, J. N. MAGALHÃES, A.R. **A evolução das políticas públicas no Nordeste**. A questão da água no Nordeste. Brasília: CGEE, 261-87, 2012.

CASALI, A.C. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul.** 172f. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2008.

COSTA, C. L., de LIMA, R. F., PAIXÃO, G. C., PANTOJA, L. D. M**. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil.** Semana: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 33, n. 2, 171-180, 2012.

FREIRE, P. A. C.; TRANNIN, I. C. B.; SIMÕES, S. J. C.; **Pump and treat free phase in Coastal Aquifer**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, n. 4, p. 461-470, 2014.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília, 2013.

GOMES, M. A. F. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã.** Local: Embrapa, mar.2011.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. V4. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/taperoa/panorama> Acesso em: 11 de abril de 2019 as 9h.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

MACEDO, J.A.B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas.** Águas e águas**.** Jorge Macedo. Juiz de Fora, 2001.

MONTEIRO, R. J.R. **Aplicação de cortiça em dois tipos de reatores para tratamento de água.** Universidade do Aveiro. Departamento de Química. 2013. p.51.

MOREIRA, S. de A. **Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo**. 2008. 133 f. Dissertação

(Mestrado em Saneamento Ambiental) - Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: <http://www.teses.ufc.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1383>. Acesso em 14 de março de 2019.

OLIVEIRA, A. J., SANTOS, M. C. H., ITAYA, N. M., CALIL, R. M. **Coliformes Termotolerantes:bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano.** Atas de Saúde Ambiental-ASA, v. 3, n. 2, p. 24-29, 2016.

SILVA, A. V. B.; RAMALHO, Â. M. C. **Arenas, atores e ação coletiva em torno da crise hídrica: o caso da sub bacia hidrográfica do rio Taperoá no semiárido paraibano.** II Workshop internacional sobre a água no semiárido brasileiro- Editora Realize, 2015.

ESTUDOS *IN SILICO* E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIFÚNGICO DA CUMARINA 2H-1-BENZOPIRANO-2-ONA SOBRE *Candida spp.*

Laísa Vilar Cordeiro [1]
Helivaldo Diógenes da Silva Souza [2]
Maria das Neves da Silva Neta [3]
Edeltrudes de Oliveira Lima [4]

RESUMO

As candidíases estão associadas a uma ampla variedade de manifestações clínicas. Seu tratamento farmacológico está restrito a poucas classes de medicamentos antifúngicos, os quais apresentam efeitos tóxicos indesejáveis e estão associados cada vez mais a altas taxas de resistência antifúngica. Faz-se necessário o desenvolvimento de novas classes de antifúngicos e, nesse contexto, destaca-se a cumarina, a qual é um metabólito secundário que apresenta uma vasta gama propriedades farmacológicas, como antifúngico, antibacteriano, anticâncer e dentre outros. O objetivo de trabalho foi avaliar a atividade da cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona contra as leveduras do gênero *Candida* e sua potencialidade teórica. Nos estudos *in silico*, a cumarina apresentou melhores resultados quando comparados com os da droga-padrão anfotericina B e sugere-se que a cumarina tenha potencial para ser um bom candidato a fármaco. Além disso, a cumarina apresentou *in vitro* atividade antifúngica classificando-se de forte a moderada, com um CIM variando entre 256 a 1024µg/mL e comportamento fungistático. Mais estudos são necessários a fim de investigar o mecanismo de ação da molécula e também verificar sua atividade *in vivo*. A cumarina apresenta bom potencial antifúngico e pode inclusive ser alvo de modificações moleculares que visem aprimorar sua atividade antimicrobiana.

Palavras-chave: Cumarina, antifúngico, *Candida spp*.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um aumento gradual de doenças infecciosas causadas por microrganismos levando a taxas consideráveis de morbidade e mortalidade, principalmente devido à baixa efetividade dos medicamentos disponíveis e ao aumento e desenvolvimento de cepas resistentes (GUO et al., 2015, p. 358-364). Paralelamente, progressos significativos

[1] Doutoranda em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos pela Universidade Federal da Paraíba- UFPB, laisavilar@gmail.com;
[2] Pós Doutorando em Química Orgânica pela Universidade Federal da Paraíba- UFPB, helivaldog3@gmail.com;
[3] Mestranda em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos pela Universidade Federal da Paraíba- UFPB, neves_neta@hotmail.com;
[4] Professora Doutora orientadora vinculada ao Programa de Pós-graduação em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, edelolima@yahoo.com.br.

foram realizados no desenvolvimento de novas moléculas bioativas para diagnosticar e tratar as doenças causadas por microrganismo.

Microrganismos resistentes (incluindo bactérias, vírus e alguns parasitas) são capazes de resistir ao ataque de medicamentos antimicrobianos e passaram a ser uma preocupação e problema mundial complexo, sério e desafiador. Com base em informações coletadas em mais de 114 países, a OMS, Organização Mundial de Saúde, fez esse alerta oficial em seu primeiro relatório global sobre o problema.

As candidíases estão associadas a uma ampla variedade de manifestações que variam de infecções superficiais e da mucosa a infecções amplamente disseminadas e da corrente sanguínea. Infecções graves causadas por *Candida* spp. são geralmente referidas como candidíase invasiva (CI) e constituem um grande problema de saúde em pacientes hospitalares e imunocomprometidos, apresentando grandes índices de morbidade e mortalidade. Estimativas globais sugerem que a candidíase invasiva ocorre em mais de um quarto de milhão de pacientes todos os anos com taxas de incidência para candidemia de 2-14 por 100.000 habitantes em estudos de base populacional. A candidemia é a terceira ou quarta causa mais comum de infecção da corrente sanguínea (ICS) e é uma das principais causas de ICSs nas unidades de terapia intensiva (UTI). Existem pelo menos 15 espécies distintas de *Candida* que causam doenças humanas, mas cerca de 90% das doenças invasivas são causadas por estas cinco espécies: *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis*, e *C. krusei* (MCCARTY; PAPPAS, 2016, p. 103; PAPPAS et al., 2016, p. e1).

Um número limitado de agentes antifúngicos está disponível para o tratamento de infecções causadas por *Candida* spp., principalmente para as candidíases invasivas. Dentre as opções disponíveis estão as equinocandinas (caspofungina, micafungina ou anidulafungina), fluconazol e anfotericina B (PAPPAS et al., 2016, p. e1-e50). Nenhuma nova classe de antifúngicos foi introduzida no mercado desde 2006, quando a Agência Europeia de Medicamentos e a *Food and Drug Administration* (FDA) aprovaram anidulafungina. Além de problemas relacionados à resistência das leveduras aos antifúngicos disponíveis atualmente, estes fármacos têm várias limitações devido aos seus perfis de segurança, propriedades farmacocinéticas, indesejáveis efeitos colaterais, e reduzido espectro de atividade e alvos farmacológicos que impactam diretamente no tratamento clínico (FUENTEFRIA et al., 2017, p. 2-13).

Os produtos naturais têm sido confirmando como uma excepcional fonte de moléculas biologicamente ativas antes mesmo das moléculas sintéticas. No mundo contemporâneo, o mercado dos produtos naturais vem aumentando em media de 20% ao ano. Muitas moléculas

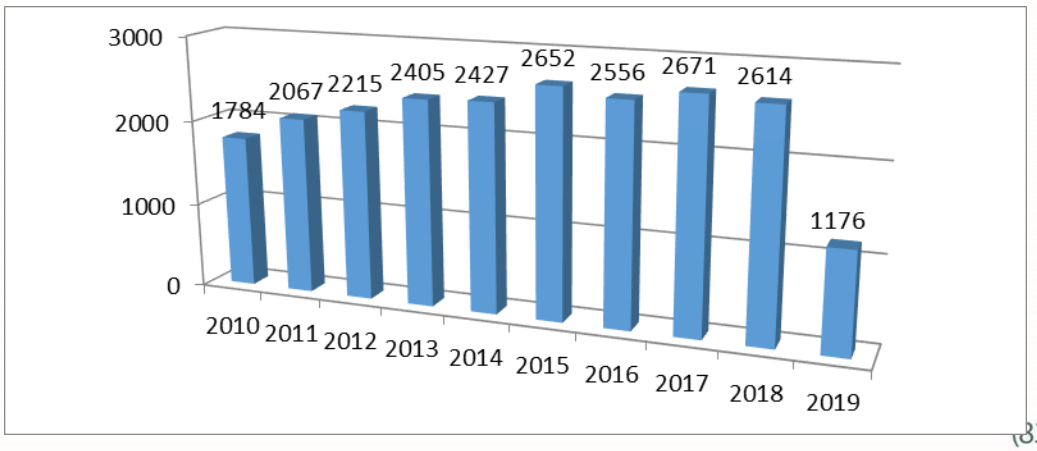
biologicamente ativas podem ser encontradas em plantas, bactérias e fungos para a análise de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Entretanto essas moléculas existem em baixas concentrações na maior parte dos organismos vivos, dessa forma exigem quantidades maiores para uma averiguação terapêutica mais elaborada.

Dentre as moléculas biologicamente ativas estão as cumarinas. As cumarinas isoladas em 1820 por Vogel na espécie *Coumarona odorata* (RIBEIRO e KAPLAN, 2002, p. 533-538), compõem uma classe de metabólitos secundários largamente compartilhados nos reinos vegetais e podendo ser encontrados em fungos e bactérias e possuem mais de 1400 tipos descobertas e caracterizadas. As cumarinas podem ser encontradas em diversas famílias do reino vegetal, como na *Papilonaceae (Fabaceae)*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Solanaceae*, *Poaceae*, *Umbelliferae* e principalmente na *Apiaceae* e *Rutaceae*, nas quais são mais abundantes. Sua concentração é maior em frutos, sementes e raízes (SANTOS, SIQUEIRA, SILVA-FILHO, 2013, p. 1303-1307).

Os estudos das propriedades químicas e biológicas da cumarina e de seus derivados vêm se destacando nas ultimas décadas. A cada ano os números de atividades científicas com esses compostos estão expandindo extraordinariamente, como pode ser analisado a partir das informações extraídas do Scifinder Scholar® (http://www.cas.org/products/scifinder/) que registra entre os anos de 2010 até 2019 com mais de 22 mil artigos relacionados à cumarina e seus derivados.

Na figura 1 (Fig. 1) está demonstrado o número de publicações entre os anos de 2010 até 2019 envolvendo a cumarina e seus derivados. O gráfico não é totalmente linear. Verifica-se um aumento de **2010** (1784 artigos) para **2015** (2652 artigos), logo após uma diminuição, de **2015** para **2016** (2556 artigos), seguida de um aumento gradual de **2016** para **2017** (2671 artigos). Novamente ocorre uma redução de **2017** até **2019** (1176 artigos).

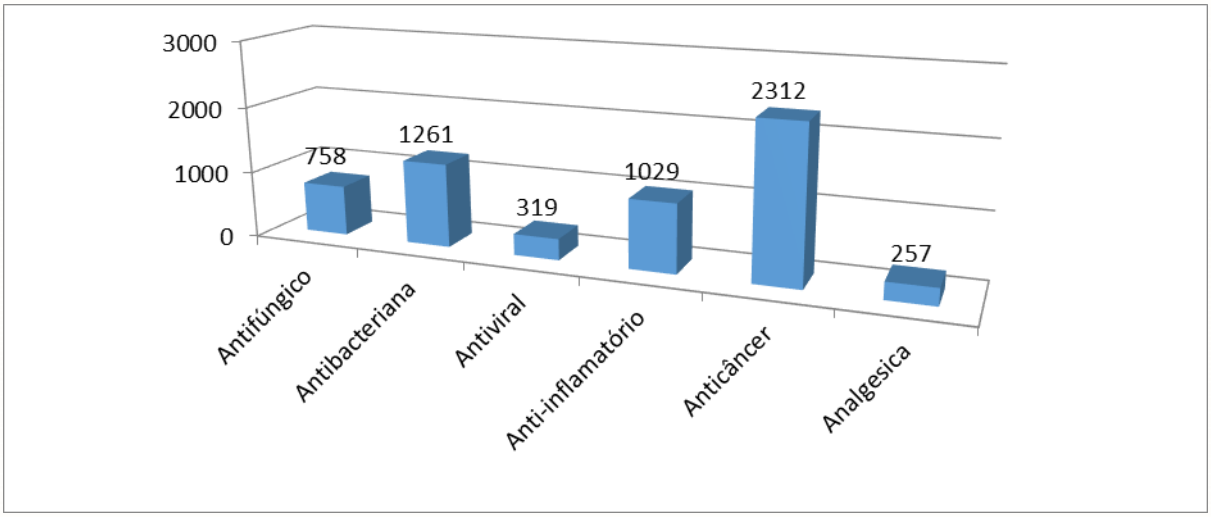
Figura 1: Número de publicações entre os anos de 2010 até 2019 sobre cumarina e seus derivados.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A repercussão dos compostos envolvendo o núcleo da cumarina na química medicinal pode ser conferido pelos resultados demonstrados na busca por atividades farmacológica na base de informações do Scifinder Scholar®. Entre os anos de 2010-2019 contabilizam mais de 5 mil artigos com estudos com atividades como, antifúngico, antibacteriano, antiviral, anti-inflamatório, analgésico, sendo que, mais de 2 mil artigos são relacionados à atividade anticâncer (Fig. 2).

Figura 2: Número de publicações com relacionado à cumarina no período de 2010-2019 referentes às atividades farmacológicas.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Na literatura relatam-se várias atividades farmacológicas associadas às cumarinas, tanto sintética como a partir da extração de produtos naturais. Entres esses trabalhos, destacam-se alguns que além de mostrarem o efeito da cumarina, evidenciaram também o efeito de seus derivados.

Estudos *in vitro* têm demonstrado o enorme potencial antimicrobiano das cumarinas e dos derivados. Singh et al. (2015, p. 128-134) relataram a síntese e a atividade antimicrobiana contra duas espécies Gram-positivas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis*) e quatro Gram-negativas (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Proteus vulgaris*), com Concentração Inibitória Mínima (CIM) entre 1.95-200 µg/mL. Al-Amiery et al. (2012, p. 5713-5723) verificaram a atividade antifúngica contra cepas de *Aspergillus niger* e *Candida albicans* as quais exibiram ótimos resultados quando comparados

com o fluconazol, a droga padrão. Karakaya et al. (2019) isolaram cumarinas de quatro espécies de Ferulago da Turquia e verificaram a atividade contra cepas de *P. aeruginosa, B. subtilis, E. coli,* e *S. aureus*, que exibiram valores de concentração inibitória mínima de 62.5 µg/mL.

Portanto, levando-se em consideração o potencial da cumarina no processo para o desenvolvimento de candidatos a fármacos, o objetivo desse trabalho foi submeter a cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona a estudos *in vitro* de atividade antifúngica contra as leveduras do gênero *Candida* e avaliar teoricamente sua viabilidade para se tornar novo candidato a fármaco a partir de um estudo *in silico* obedecendo à regra de Lipinski, utilizando programas disponíveis gratuitamente.

METODOLOGIA

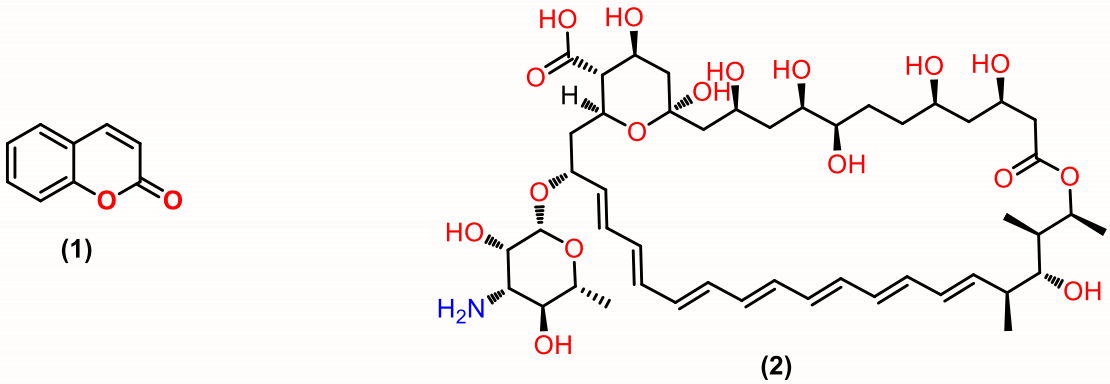
Local de trabalho

Os ensaios laboratoriais referentes a este estudo foram realizados no Laboratório de Pesquisa de Atividade Antibacteriana e Antifúngica de Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos do Departamento de Ciências Farmacêuticas (DCF) do Centro de Ciências da Saúde (CCS) Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no período de abril a maio de 2019, sob coordenação da Prof.ª Dr.ª Edeltrudes de Oliveira Lima.

Estudos *in silico*

Os parâmetros da regra dos cinco de Lipinski (cLog P, massa molecular, número de aceptores de ligações de hidrogênio e doadores de ligações de hidrogênio), Área de Superfície Polar Topológica (TPSA), solubilidade aquosa (Log S), druglikeness, drug score e número de ligações rotáveis foram calculados utilizando os programas livres online Molinspiration (http://www.molinspiration.com), SwissADME (http://www.swissadme.ch/) e Osiris Property Explorer (www.organicchemistry.org/prog/peo/) com o objetivo de analisar e comparar a cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona (**1**) com droga padrão anfotericina B (**2**) (Fig. 3).

Figura 3: Estrutura da Cumarina (1) e da Anfotericina B (2)



Fonte: Autoria Própria (2019)

Atividade antifúngica

Foi avaliada a atividade antifúngica da cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona adquirida comercialmente da empresa Sigma-Aldrich/Merck®. A substância foi pesada e devidamente solubilizada em dimetil-sulfóxido (DMSO) a 5% e tween 80 a 2%, completando-se o volume final com água destilada esterilizada de forma a se obter uma emulsão na concentração inicial de 1024 µg/mL (PEREIRA, 2015, p. 229).

Meios de cultura

O meio de cultura utilizado para manutenção das cepas fúngicas foi Agar Sabouraud Dextrose (ASD) (Difco Laboratories Ltd, USA, France). Para os ensaios de atividade antimicrobiana, foi usado meio RPMI 1640 com L-glutamina e sem bicarbonato (INLAB, São Paulo, Brasil). Ambos os meios foram preparados conforme as recomendações dos respectivos fabricantes.

Micro-organismos

Foram utilizados os isolados clínicos *Candida albicans* LM-111, *Candida albicans* LM-122, *Candida tropicalis* LM-04, *Candida tropicalis* LM-06, *Candida krusei* LM-656 e *Candida* krusei LM-13. Como cepas-padrão, utilizou-se *Candida albicans* ATCC-76645 e *Candida tropicalis* ATCC 13803. Os micro-organismos pertencem à MICOTECA do

Laboratório de Pesquisa de Atividade Antibacteriana e Antifúngica de Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos do Departamento de Ciências Farmacêuticas (DCF) do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). As cepas foram mantidas em ASD à temperatura de 4°C. Para utilização nos ensaios, as leveduras foram repicadas em ASD com incubação a 35±2°C durante 24-48h.

Inóculo

Para preparação do inóculo, as colônias obtidas de culturas recentes dos micro-organismos em meio ASD foram suspensas em solução fisiológica estéril a 0,9% e ajustadas de acordo com o padrão 0,5 da escala de Mc Farland para obtenção de 10^6 UFC/mL (CLSI, 2015).

Concentração Inibitória Mínima (CIM)

Os ensaios de atividade antimicrobiana foram realizados conforme os protocolos recomendados (CLSI, 2015). A determinação da CIM das substâncias sobre cepas fúngicas foi realizada através da técnica de microdiluição em meio líquido em placa para cultura de células (TPP/SWITZERLAND/EUROPA) contendo 96 poços com fundo em "U". Inicialmente, foram distribuídos 100µL de caldo RPMI duplamente concentrado nos poços das placas de microdiluição. Em seguida, 100µL da substância foram dispensados nas cavidades da primeira linha da placa. Por meio de uma diluição seriada a uma razão de dois, foram obtidas concentrações de 1024µg/mL até 16µg/mL. Por fim, foram adicionados 10µL das suspensões das cepas fúngicas nas cavidades, onde cada coluna da placa refere-se, especificamente, a uma espécie. Paralelamente, foram realizados os controles para comprovação de viabilidade das cepas (RPMI + leveduras) e esterilidade do meio de cultura (RPMI). Também foi feito o controle negativo com anfotericina B (32µg/mL) para inibição dos fungos. As placas preparadas foram assepticamente fechadas e submetidas à incubação numa temperatura de 35±2°C por 24 - 48 horas. A CIM para cada produto foi definida como a menor concentração capaz de inibir visualmente o crescimento microbiano.

A avaliação dos resultados obtidos foi feita conforme análise realizada por Peixoto et al. (2016 p. 1812) que classificou o potencial antimicrobiano de produtos vegetais com base nos resultados da CIM, considerando como forte poder antimicrobiano os produtos com CIM

até 500µg/mL, moderado poder antimicrobiano aqueles com CIM entre 600 e 1500µg/mL e de fraco poder antimicrobiano os produtos com CIM acima de 1600µg/mL.

Concentração Fungicida Mínima (CFM)

A determinação da concentração fungicida mínima foi feita conforme metodologia estabelecida por Pinheiro et al. (2017, p.116). Após a leitura da CIM, alíquotas de 10µL dos sobrenadantes foram retiradas dos poços das placas de microdiluição nas concentrações correspondentes à CIM, CIMx2, CIMx4 e CIMx8 da cumarina para cada cepa e inoculadas em novas placas de microduluição contendo apenas meio RPMI. As placas foram incubadas a 35±2°C por 24 - 48 horas e em seguida foi observado o crescimento fúngico. A CFM foi definida como a menor concentração capaz de causar completa inibição do crescimento dos micro-organismos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo *in silico*

O processo de desenvolvimento de novos fármacos requer muito tempo e recurso. Os estudos teóricos têm papel fundamental para minimizar estes fatores pois apresentam indicativos de potencialidades de aplicação ou não como fármaco. Diversos autores citam que não basta um composto apresentar elevada atividade biológica e baixa toxicidade, para que ele possa ser testado como um fármaco, é necessário também atender aos parâmetros farmacocinéticos ADME (Absorção, Distribuição, Metabolismo e Excreção), que determinam o acesso e a concentração do composto no alvo terapêutico e sua posterior eliminação do organismo (DAINA et al. 2017, p. 1-13; VEBER et al. 2002, p. 2615-2623; LIPINSKI et al. 2001, p. 3-26). Muitos candidatos a fármacos podem ser descartados por apresentarem uma farmacocinética desfavorável. Os parâmetros ADME podem ser verificados através de estudos *in silico*, com base em padrões físico-químicos calculados. Dentre estes padrões são enfatizados a lipofilicidade, solubilidade em água, tamanho da molécula e flexibilidade.

O estudo mais difundido foi o do pioneiro Lipinski et al. (1997, p. 3-25) que apresentou uma relação entre parâmetros farmacocinéticos e físico-químicos, indicando que uma determinada molécula terá alta potencialidade como fármaco se apresentar elevada

semelhança com fármacos já existentes, conhecido como *druglikeness.* Considerando tais fatores, Lipinski e colaboradores (1997, p. 3-25) propuseram um conjunto de regras que avaliam a biodisponibilidade oral de novas moléculas com potencial terapêutico, conhecida como "Regra dos Cinco de Lipinski" e que considera quatro parâmetros (cujos valores são múltiplos de 5) que identificam fármacos com possíveis problemas de absorção e permeabilidade, sendo eles: Massa Molar ≤ 500g/mol; LogP ≤ 5; Número de aceptores de ligação de hidrogênio ≤ 10 (contabilizados em função de átomos de N ou O na molécula); Número de doadores de ligação de hidrogênio ≤ 5 (contabilizados em função de grupos NH ou OH na molécula).

Neste presente trabalho, decidimos investigar a potencialidade da cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona a partir dos parâmetros de Lipinski usando a abordagem *in silico*. Outro fator importante é a porcentagem de absorção (% ABS) é calculada pela equação %ABS = 109 – (0.345 x TPSA) de acordo com Zhao et al (2002, p. 1446-1457). Os resultados podem ser vistos da tabela 1.

Tabela 1: Estudos *in silico* avaliando a regra de cinco de Lipinski da cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona (**1**) e da anfotericina B (**2**).

	Lipinski Parameters						**TPSA**	**%**	**Ali**	**Ali**	***Drug***	***Drug***
Comp.	**MW**	**DLH**	**ALH**	**milogP**	**nV**	**NLR**	**(Å)^2**	**ABS**	**Log S**	**Class**	***likeness***	***Score***
1	146.15	0	2	2.01	0	0	30.21	98.57	-2.21	Muito	-1.83	0.12
2	924.08	13	18	-2.49	3	3	319.61	0	-6.26	Pouco	-0.14	0.27

Propriedades Fisico-Químicas: MW = massa molecular, DLH = doadores de ligação de hidrogênio; ALH = aceptores de ligação de hidrogênio; milogP = coeficiente de partição octanol/água baseado no modelo do Molinspiration; nV = número de violção; NLR = número de ligações rotáveis; TPSA (Å)^2 = área de superfície polar topológica; %ABS = porcentagem de absorção; log S = coeficiente de solubilidade determinado pelo método de Ali calculado no SwissADME; Class = Insolúvel < -10 < Pouco < -6 < Moderado < -4 < Solúvel < -2 < Muito < 0 < Alto.

Fonte: Autoria Própria (2019)

De acordo com os resultados obtidos a partir da abordagem *in silico*, a cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona (**1**) obedeceu à regra dos cinco de Lipinski. Segundo Veber et al. (2002, p.

2615-2623), compostos com TPSA menor ou igual a 140 $Å^2$ e um NLR menor ou igual a 10 apresentam alta probabilidade de boa disponibilidade oral. Desse modo, a cumarina se encaixa nessa descrição, uma vez que o TPSA foi de 30.21 $Å^2$ e o NLR foi de 0, exibindo uma alta perspectiva de ser empregado por meio oral. Esta descrição é confirmada em aplicação, uma vez que a anfotericina B possui um TPSA de 319.61 $Å^2$, ou seja, acima de 140 $Å^2$ e sua aplicação é restrita ao uso intravenoso. Os resultados na tabela 1 indicam que a cumarina apresenta uma absorção alta (98%), enquanto que a anfotericina B a sua absorção é nula, na qual é confirmada pelo valor do TPSA.

A solubilidade em água é uma característica importante para a absorção e distribuição de fármacos no organismo. Os valores de Log S representam a solubilidade de acordo com a escala: insolúvel < -10 < pouco solúvel < -6 < moderado < -4 < solúvel < -2 < muito solúvel < 0 < altamente solúvel (ALI et al., 2012, p. 2950-2957). Foi observado que o valor de LogS para a cumarina foi de -2.21 (solúvel), enquanto da anfotericina B foi de -6.26 (pouco solúvel).

O drug-likeness, é um importante índice que indica se um determinado composto tem similaridade com fármacos já disponíveis comercialmente e, consequentemente, se um composto será um bom candidato a fármaco. Na tabela 1 observa-se que a cumarina possui um valor de -1.83 enquanto a anfotericina B possui um valor de -0.14. Valores positivos para o "*drug-likeness*" indicam que os compostos investigados possuem fragmentos e/ou propriedades físicas com a maioria dos fármacos comerciais. Dessa forma, a anfotericina B se aproxima mais dessa caracteristica.

O valor de *drug score* combina registros de *drug-likeness*, lipofilicidade, solubilidade, massa molecular e riscos de toxicidade em um único valor numérico que varia de 0,0 a 1,0 e pode ser utilizado para predizer o potencial global de um dado composto como candidato a novo fármaco. Os valores obtidos a partir dessa abordagem ficaram entre 0,12 para a cumarina e 0,27 e pode-se dizer que a cumarina tem o potencial de se tornar candidato a um novo fármaco.

Atividade antifúngica *in vitro*

Após análises dos ensaios *in vitro* de atividade antifúngica foi possível observar que a cumarina 2H-1-benzopirano-2-ona foi capaz de inibir o crescimento fúngico de todas as três espécies de *Candida* utilizadas nesse estudo: *C. albicans*, *C. tropicalis* e *C. krusei*. As

concentrações inibitórias mínimas (CIMs) da cumarina variaram entre as diferentes cepas, como pode ser visualizado através da tabela 2.

Para *C. albicans* LM-111, *C. albicans* ATCC-76645 e *C. tropicalis* LM-06 a CIM da cumarina foi de 1024 µg/mL e classifica-se como moderada atividade antifúngica (Peixoto et al., 2016, p. 1812). Já para as cepas *C. albicans* LM-122, *C. tropicalis* ATCC 13803 e *C. krusei* LM-13 a CIM foi de 512 µg/mL. Além disso, foi encontrada CIM de 256 µg/mL para *C. tropicalis* LM-04 e *C. krusei* LM-656. Para produtos naturais, determina-se como forte poder antimicrobiano quando CIM até 500 µg/mL, moderado poder antimicrobiano aqueles com CIM entre 600 e 1500 µg/mL e de fraco poder antimicrobiano os produtos com CIM acima de 1600 µg/mL (PEIXOTO et al., 2016, p. 1812).

Tabela 2. Concentração Inibitória Mínima (CIM) (µg/mL) da cumarina

***Candida* spp.**	**CIM (µg/mL)**	**Controles**		
	Cumarina	**Anfotericina B**	**Viabilidade**	**Caldo**
C. albicans LM-111	1024	-	+	-
C. albicans LM-122	512	-	+	-
C. albicans ATCC-76645	1024	-	+	-
C. tropicalis LM-04	256	-	+	-
C. tropicalis LM-06	1024	-	+	-
C. tropicalis ATCC 13803	512	-	+	-
C. krusei LM-656	256	-	+	-
C. krusei LM-13	512	-	+	-

(-) Inibição do crescimento fúngico (+) Crescimento fúngico.

Fonte: Autoria Própria (2019)

A cumarina apresentou atividade antifúngica variando entre moderada a fraca, sobre as leveduras de *Candida* spp. utilizadas nesse estudo. Resultados semelhantes utilizando a 2H-1-benzopirano-2-ona foram encontrados por outros autores. Montagner et al. (2008, p. 26), utilizando também o método de microdiluição em caldo, verificaram CIM de 500 µg/mL da cumarina benzopirano-2-ona frente a *C. albicans* ATCC-14053. Por outro lado, Sardari et al. (1999, p. 1936) encontraram CIM > 1000 µg/mL contra a mesma cepa de *C. albicans* ATCC-

14053, embora tenham verificado boa atividade antifúngica da molécula contra as leveduras da espécie *Cryptococcus neoformans* (CIM = 500 µg/mL) e moderada atividade contra *Saccharomyces cerevisiae* (CIM = 1000µg/mL).

Com relação à concentração fungicida mínima (CFM), a cumarina apresentou valor de 8192µg/mL para *C. albicans* LM-111, *C. albicans* ATCC-76645, e *C. tropicalis* LM-06. Para *C. albicans* LM-122, *C. tropicalis* ATCC 13803 e *C. krusei* LM-13 a CFM foi de 4096 µg/mL e de 2048 µg/mL para *C. tropicalis* LM-04 e *C. krusei* LM-656 (Tab. 2). Embora tenham sido encontrados valores variáveis, quando é feita a relação entre CIM/CFM tem-se o valor de 1:8 em todos estes casos, conforme mostrado na tabela 3.

Tabela 3. Concentração Fungicida Mínima (CFM) (µg/mL) da cumarina

***Candida* spp.**	**CFM (µg/mL)**	**CIM:CFM**	**Efeito**
C. albicans LM-111	8192	1:8	Fungistático
C. albicans LM-122	4096	1:8	Fungistático
C. albicans ATCC-76645	8192	1:8	Fungistático
C. tropicalis LM-04	2048	1:8	Fungistático
C. tropicalis LM-06	8192	1:8	Fungistático
C. tropicalis ATCC 13803	4096	1:8	Fungistático
C. krusei LM-656	2048	1:8	Fungistático
C. krusei LM-13	4096	1:8	Fungistático

Fonte: Autoria Própria (2019)

Conforme explicado por Flamm et al. (2017, p. e00468-17) e Thwaites et al. (2018, p. e00236-18), uma razão CIM/CFM maior que 1:2 é indicativo de que a substância atue de modo fungistático. Já quando essa razão é igual ou menor que 1:2, o produto é considerado fungicida. A razão CIM/CFM da cumarina foi 1:8 para 100% das cepas analisadas neste estudo, dessa forma, os resultados sugerem que a cumarina possivelmente esteja atuando de modo fungistático sobre as cepas de *Candida* spp. analisadas neste estudo.

A cumarina apresenta bom potencial antifúngico, que torna interessante que hajam maiores estudos afim de esclarecer o seu mecanismo de ação sobre as células fúngicas. Além disso, estudos demonstram que o esqueleto base das cumarinas é passível de ser alvo de

alterações estruturais que podem aumentar a atividade antimicrobiana das moléculas dele derivadas (KHAN et al., p. 373-379, 2004; REHMAN et al., p. 333-340, 2005; AL-AMIERY; KADHUM; MOHAMAD, p. 5713-5723, 2012; KHARB; KAUR; SHARMA, p. 87-94, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho descrevemos a avaliação *in silico* e antifungica da cumarina. No estudo *in silico* a cumarina não viola a regra de Lipinski, possui uma alta permeabilidade, alta absorção e um perfil desejável para ser um novo candidato a medicamento. No estudo antifúngico *in vitro* a cumarina apresentou capacidade de atuar contra leveduras do gênero *Candida*, com um CIM variando entre 256 a 1024 µg/mL e comportamento fungistático. Mais estudos são necessários a fim de verificar sua atividade *in vivo*, bem como investigar o mecanismo de ação da molécula, a qual pode inclusive ser alvo de modificações moleculares que visem aprimorar sua atividade antimicrobiana.

REFERÊNCIAS

AL-AMIERY, A. A.; KADHUM, A. A. H.; MOHAMAD, A. B. Antifungal Activities of New Coumarins. **Molecules,** v. 17, p. 5713-5723, 2012.

ALI, J.; CAMILLERI, P.; BROWN, M. B.; HUTT, A. J.; KIRTON, S. B.; In Silico Prediction of Aqueous Solubility Using Simple QSPR Models: The imortance of Phenol and Phenol-like moieties. **Journal of Chemical Information and Modeling**. v.52, n. 11, p. 2950-2957, 2012.

CLINICAL LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically.** Approved standard M07-A10. Pennsylvania, United States of America: National Committee for Clinical Laboratory Standards, 2015.

DAINA, A.; MICHIELIN, O.; ZOETE, V. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmakocinetics, druglikeness and medicinal chemistry friendliness os small molecules. **Scientific Reports**. V. 7, p. 1-13. 2017.

FLAMM, R. K.; FARRELL, D. J.; RHOMBERG, P. R.; SCANGARELLA-OMAN, N. E.; SADER, H. S. Gepotidacin (GSK2140944) *In Vitro* Activity against Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy.** v. 61, n. 7, p. e00468-17, 2017.

FUENTEFRIA, A. M.; PIPPI, B.; DALLA LANA, D. F.; DONATO, K. K.; ANDRADE, S. F. Antifungals discovery: an insight into new strategies to combat antifungal resistance. **Letters in applied microbiology,** v. 66, n. 1, p. 2-13, 2018.

GUO, W., HE, Q., WANG, Z., WEI, M., YANG, Z., DU, Y., HE, J. Influence of antimicrobial consumption on gram-negative bacteria in inpatients receiving antimicrobial resistance therapy from 2008-2013 at a tertiary hospital in Shanghai, China. **American Journal of Infection Control**, v. 43, n. 4, p. 358-364, 2015.

KARAKAYA, S.; SIMSEK, D.; ÖZBEK, H.; GÜVENALP, Z.; ALTANLAR, N.; KAZAZ, C.; KILIÇ, C. S. Antimicrobial Activities of Extracts and Isolated Coumarins from the Roots of Four *Ferulago* Species Growing in Turkey. **Iranin Journal of Pharmaceutical Research**.

KHAN, K. M.; SAIFY, Z. S.; KHAN, M. Z.; CHOUDHARY, Z. M. I.; ATTA-UR-RAHMAN; PERVEEN, S.; CHOHAN, Z. H.; SUPURAN, C. T. Synthesis of Coumarin Derivatives with Cytotoxic, Antibacterial and Antifungal Activity. **Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry,** v. 19, n. 4, p. 373-379, 2004.

KHARB, R.; KAUR, M.; SHARMA, A. K. Imperative advances on antimicrobial activity of coumarin derivatives. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research,** v. 20, p. 87-94, 2013.

LIPINSKI, C. A.; LOMBARDO, F.; DOMINY, B. W.; FEENEY, P. J. Experimental and computational approaches to estimate solubillity and permeabillity in drug discovery and development settings. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 23, p. 3-25, 1997.

LIPINSKI, C. A.; LOMBARDO, F.; DOMINY, B. W.; FEENEY, P. J. Experimental and computational approaches to estimate solubillity and permeabillity in drug discovery and development settings. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 46, p. 3-26, 2001.

MCCARTY, T. P.; PAPPAS, P. G. Invasive candidiasis. **Infectious Disease Clinics,** v. 30, n. 1, p. 103-124, 2016.

MONTAGNER, C.; SOUZA, S. M.; GROPOSO, C.; MONACHE, F. D.; SMÂNIA, E. F. A.; JÚNIOR, A. S. Antifungal activity of coumarins. **Zeitschrift für Naturforschung C,** v. 63, n. 1-2, p. 21-28, 2008.

PAPPAS, P. G.; KAUFFMAN, C. A.; ANDES, D. R.; CLANCY, C. J.; MARR, K. A.; OSTROSKY-ZEICHNER, L.; REBOLI, A. C.; SCHUSTER, M. G.; VAZQUEZ, J. A.; WALSH, T. J.; ZAOUTIS, T. E.; SOBEL, J. D. Clinical practice guideline for the management of candidiasis: 2016 update by the Infectious Diseases Society of America. **Clinical Infectious Diseases**, v. 62, n. 4, p. e1-e50, 2015.

PEIXOTO, I. N.; SOUZA, H. D. S.; LIRA, B. F.; SILVA, D. F.; LIMA, E. O.; BARBOSA-FILHO, J. M.; ATHAYDE-FILHO, P. F. Synthesis and Antifungal Activity Against Candida Strains of Mesoionic System Derived From 1, 3-Thyazolium-5-thiolate. **Journal of the Brazilian Chemical Society,** v. 27, n. 10, p. 1807-1813, 2016.

PEREIRA, F. O.; MENDES, J. M.; LIMA, I. O.; MOTA, K. S. L.; OLIVEIRA, W. A.; LIMA, E. O. Antifungal activity of geraniol and citronellol, two monoterpenes alcohols, against *Trichophyton rubrum* involves inhibition of ergosterol biosynthesis. **Pharmaceutical biology,** v. 53, n. 2, p. 228-234, 2015.

PINHEIRO, L. S.; FILHO, A. A. O.; GUERRA, F. Q. S.; MENEZES, C. P.; SANTOS, S. G.; SOUSA, J. P.; DANTAS, T. B.; LIMA, E. O. Antifungal activity of the essential oil isolated from Laurus nobilis L. against *Cryptococcus neoformans* strains. **Journal of Applied Pharmaceutical Science,** v. 7, n. 5, p.115-18, 2017.

REHMAN, S. U.; CHOHAN, Z. H.; GULNAZ, F.; SUPURAN, C. T. In-vitro antibacterial, antifungal and cytotoxic activities of some coumarins and their metal complexes. **Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry,** v. 20, n. 4, p. 333-340, 2005.

RIBEIRO, C. V. C.; KAPLAN, M. A. C. Tendências Evolutivas de Famílias Produtoras de Cumarinas em Angiopermae. **Química Nova**. v. 24, n. 4, p. 533-538, 2002.

SANTOS, W. H.; SIQUEIRA, M. S.; SILVA-FILHO, L. C. Síntese de derivados 4-aril-3,4-di-hidrocumarinicos catalisada por NbCl5. **Quimica Nova**. v. 36, n.9, p. 1303-1307, 2013.

SARDARI, S.; MORI, Y.; HORITA, K.; MICETICH, R. G.; NISHIBE, S.; DANESHTALAB, M. Synthesis and antifungal activity of coumarins and angular furanocoumarins. **Bioorganic & medicinal chemistry,** v. 7, n. 9, p. 1933-1940, 1999.

SINGH, L. K.; SINGH, V.; KATIYAR, D. Design, Synthesis and Biological Evaluation of Some New Coumarin Derivatives as Potent Antimicrobial Agents. Medicinal Chemistry. v. 11, p. 128-134, 2015.

THWAITES, M.; HALL, D.; SHINABARGER, D.; SERIO, A. W.; KRAUSE, K. M.; MARRA, A.; PILLAR, C. Evaluation of the Bactericidal Activity of Plazomicin and Comparators against Multidrug-Resistant Enterobacteriaceae. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy.** v. 62, n. 8, p. e00236-18, 2018.

VEBER, D. F.; JOHNSON, S. R.; CHENG, H. U.; SMITH, B. R.; WARD, K.W.; KOPPLE, K. D. Molecular properties that influence the oral Bioavailabillity of Drug candidates. **Journal of Medical Chemistry**, v. 45, n. 12, p. 2615-2623, 2002.

ZHAO Y, ABRAHAM MH, LEE J, HERSEY A, LUSCOMBE NC, BECK G, SHERBONE, B. COOPER I. Rate-limited steps of human oral absorption and QSAR studies. **Pharmaceutical Research**. v. 19, p. 1446-1457, 2002.

.

FORMULÁRIOS ONLINE: METODOLOGIAS DIGITAIS NO TRABALHO DOCENTE SUSTENTÁVEL

Marcila de Almeida[1]
Patrícia Cristina de Aragão[2]

RESUMO

Repensar a Educação na contemporaneidade é necessário perceber o tempo e o espaço vivido para entender as problematizações sociais que estão inerentes à prática de ensino. Diante disso, nos deparamos com duas questões que são relacionadas e correlacionáveis, na medida em que compreendemos que a sobrevivência do meio social advém da preservação do natural. E como o âmbito educacional é palco para e da prática social na construção crítica cidadã do sujeito, surge a necessidade de analisar de que forma as tecnologias digitais interferem e influenciam seja em esferas sociais, educacionais e, até mesmo, ambientais. Nesse sentido, neste artigo investigamos e problematizamos de que maneira as tecnologias digitais podem contribuir para um processo de ensino-aprendizagem que seja sustentável, visto que embora o meio ambiente não seja uma disciplina, muito menos, conteúdo, está amparada em lei como um tema que deve perpassar por todas as áreas e níveis do conhecimento, sendo de responsabilidade escolar, principalmente, docente de trabalhá-las em suas respectivas disciplinas. Para realização da pesquisa utilizamos fontes bibliográficas e documentais, principalmente, as contribuições discursivas de Brancolione (2016), Narcizo (2009), Taipa e Fita (2006), dentre outros autores em adjacência com a legislação educacional (PCN´s, LDB, DCN´s, BNCC). Defendemos a ideia de que as metodologias digitais podem promover uma educação sustentável, de compromisso social, ético para com os recursos naturais, como saída de sobrevivência da nossa geração e das futuras.

Palavras-chave: Educação, Tecnologias digitais, Meio ambiente, Metodologias digitais.

INTRODUÇÃO

Na história da humanidade, as transformações operacionalizadas pelos avanços tecnológicos mudaram as rotas dos seres humanos do ponto de vista das mudanças que foram ensejadas, no que se refere as chamadas (re)evoluções tecnológicas estas foram percebidas ao longo do processo sócio-histórico resultantes das práticas, criações e inovações de homens e mulheres. As diferentes descobertas cientificas, permitiram agilidade no fazer humano e possibilidade de acionar mudanças na vida cotidiana.

Podemos dizer, que tais revoluções, a exemplo, como a que vivenciamos no contexto atual, com as tecnologias digitais e a culminância das redes sociais, vieram agilizar as

[1] Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Formação de Professores - UEPB. Pesquisadora do Grupo de Pesquisa História, Cultura e Ensino – CPNq. E-mail: marcillaalmeida@hotmail.com;
[2] Professora de Programa de Pos-Graduação em Formação de Professores – UEPB. Grupo de Pesquisa História, Cultura e Ensino – CNPq. Email: patriciacaa@yahoo.com;

comunicações, diluindo fronteiras comunicacionais, permitindo que o tempo, o espaço, os próprios sujeitos, fossem ressignificando seu modo de comunicação, de expressão, de convivência individual e coletiva, de enxergar o mundo à sua volta.

De instância privada e pública sendo presença constante dentro e fora de casa, no seio familiar, na rua, nos conhecidos e desconhecidos que se cruzam diariamente na correria do dia a dia, até mesmo entre os muros da escola, inseridas pelos alunos desafiando docentes, as tecnologias digitais marcaram presença no mundo contemporâneo, pois abriram canais de conhecimentos múltiplos que desfilam cotidianamente na epopeia do ser humano no planeta. Se somos cidadãos planetários, podemos dizer que o digital em rede, mudou a face das relações humanas, das contingencias do mundo social. São modos e formas de homens e mulheres se relacionarem, o tempo atravessou novas conformações.

Embora não tenham sido planejadas e nem pensada para o ambiente escolar-educacional, as tecnologias digitais interferem na proposta educacional, influenciando nas aprendizagens, nos seus processos de ensino. Mesmo que tenham sido criadas para facilitar a vida humana, a relação entre homens e mulheres e entre eles e o meio, seja para diminuir distâncias geográficas, sociais, tornando o mundo pequeno em esfera simbólica digital pelo contato e acesso com/ à diversas culturas, etnias, povos, elas se consolidaram como instrumentos de diversão, lazer e interação. Porém não se limitaram em seus espaços e nem em suas funções operativas e nem as estabelecidas socialmente, estão aos poucos se inserindo nas salas de aula, muitas vezes de maneira marginalizada sem a permissão e orientação pedagógica dos docentes. E isso é importante de ser pensado e problematizado, ou seja, a maneira como o digital em rede pode adentrar o espaço escolar, na sala de aula. Daí a necessidade de torná-las potencializadoras da prática educativa, ao passo que contribui para aula ser dinâmica, interativa que fomente a participação dos alunos.

À primeira vista, foram percebidas como inoperantes do ponto de vista da ação pedagógica de professores, vistas inclusive, como inimigas dos professores, mas também do meio ambiente pelo seu descarte de eletrônicos tais como: computadores, televisores, celulares, eletrodomésticos: geladeiras, ar condicionado... Porém essa tríade: educação, tecnologias digitais e meio ambiente, estão relacionadas e são relacionáveis, pois os recursos digitais quando articulado ao fazer metodológico na prática educativa, podem colaborar na preservação ambiental, motivando o processo de ensino-aprendizagem significativo, consciente e sustentável.

Já que embora não seja disciplina obrigatória no currículo da Educação Básica, é conteúdo obrigatório e necessário pré-determinado na Constituição Federal de 1988 e pré-

estabelecido nas legislações educacionais, tais como nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN´s), nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCNEB), na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), (d)entre outras. Assim, a escola tem o dever de propor um ensino que se por um lado atenda às prerrogativas dos alunos, os quais são diretamente influenciados pelas mídias digitais, do outro, as necessidades sociais para a resolução de suas problemáticas, possibilitando em sua rotina educacional estudo e prática de preservação ambiental é antes de tudo um compromisso com o presente, mas, principalmente, com as gerações futuras.

Não só a sociedade como um todo, mas a escola, enquanto, instituição formadora do cidadão deve propor práticas educacionais que possibilitem os alunos a desenvolverem a consciência de respeito e preservação ao meio ambiente que perpassem a simples e necessária atitude usual de jogar o lixo no lixeiro, de não jogá-lo no pátio da escola, de manter as salas limpas, ou de um ensino apenas teórico de como proceder e o que fazer com o próprio lixo.

Daí surge a necessidade de repensar o papel do professor e de sua atuação frente às novas perspectivas da atualidade imersa ao avanço tecnológico e o descompasso com as questões ambientais. Nesse sentido, discutimos sobre as contribuições das tecnologias digitais no trabalho docente, na promoção de um ensino-aprendizagem significativo a partir do uso de metodologias digitais, além de fazer um paralelo dessa díade digital e educação na elucidação de um ensino que paute as práticas de sustentabilidade para a conservação ambiental. O presente artigo se encontra dividido em duas seções: na primeira, há uma problematização sobre as correlações de educação e os meios ambiente e tecnológico a partir de um diálogo estabelecido com Brancolione (2016), Narcizo (2009), Taipa e Fita (2006), dentre outros. Na segunda seção, através da análise de um questionário online criado para fazer coleta de dados de professores das mais diversas áreas do conhecimento para investigar de que forma eles percebem, tem dificuldades e colocam em prática em adjacência as contribuições dos autores citados à cima.

Trata-se de um texto de reflexão sobre a relação entre tecnologias digitais e meio ambiente, discutindo como esta articulação na relação pedagógica, contribui nos processos de ensino-aprendizagem escolar, possibilitando novos modos de ensinar e educar tendo as ferramentas digitais como suporte e linguagens educacionais.

TECNOLOGIAS DIGITAIS E SUSTENTABILIDADE: A EDUCAÇÃO É FRUTO DO SEU TEMPO E ESPAÇO

A escola é reflexo da sociedade que o cerca, de suas perspectivas, das problemáticas em sua volta, das influências internas e externas, das relações dos sujeitos com eles mesmos e com o meio, seja cultural, social, sobretudo tecnológico e ambiental. Embora a estrutura física da escola seja fixa e sua intencionalidade em favor da construção do cidadão seja intocável, o modo de elucidar isso não é, já que a sociedade está em constante transformação. Neste sentido, a Educação também é mutável, a forma de enxergá-la varia conforme a passagem temporal e as mudanças espaciais resultantes do avanço científico- tecnológico.

A Educação é fruto do seu tempo, percebê-la e concedê-la na contemporaneidade parte de diversas questões inerentes ao seio social, desde da multiplicidade do público que a escola abarca, até mesmo metodológica. Entender o papel da Educação, a função do docente mediante a tais questões, torna-se necessário analisar o meio social que passa a habitar o escolar através dos alunos, assim como enxergar as peculiaridades escolares para compreender a sociedade. Logo, se no âmbito social é influenciado, gerenciado diretamente pelas tecnologias digitais, as quais, são partícipes veementes na vida dos adolescentes e jovens, ressignificando seus modos de ver e conviver com o mundo, de se comunicar com outros sujeitos, espaços. De ter um portal digital de acesso de não só ao interior, a sociedade que pertence, mas ao exterior, de estabelecer contato direto com o mundo e o mundo estabelecer contato com ele.

Mas não só as tecnologias digitais são assuntos atuais e preponderantes no âmbito educacional, este deve também se preocupar com as problemáticas que ameaçam a preservação da flora e fauna, que implicam à sobrevivência do ser humano. Desse modo, se podemos enxergar os meios digitais como pontes de construção e prática metodológica, devemos incluir nos currículos escolares o conteúdo referente ao meio ambiente. Mesmo que não seja considerado disciplina, seu estudo deve ser não só obrigatório, mas transversal, visto que a sua manutenção deve um trabalho de cunho individual e coletivo, social e escolar. E quando se trata da escola, deve englobar todas as disciplinas e não apenas as da área das ciências da natureza. Quando o tema é ambiente e a necessidade de medidas de cunho sustentáveis é muito comum a discussão apenas em grades curriculares Ciências, Biologia, Química, Física, e na área de humanas, no máximo, em Geografia. Conforme disposto no artigo 225 Constituição Federal/1988:

> Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988, p. 91)

Logo, a Constituição preconiza a valorização da defesa e preservação ao meio ambiente enquanto uma prática de cunho coletivo que acarrete ao equilíbrio ecológico, assim como uma vida de qualidade para a geração do presente e do futuro. Diante disso e como forma de alcançá-la o parágrafo quarto desse mesmo artigo da CF/88 destaca a importância da promoção da educação ambiental de maneira transversal, que abarque todos os níveis de ensino, assim como a necessidade de conscientização coletiva e pública como meio de preservá-lo.

A partir da determinação de uma necessária educação ambiental para a sobrevivência humana, vegetal e animal (PCNs, DCNs, BNCC), a legislação educacional traz em seu escopo a educação como um meio, um ato político de prática e conscientização que devem ser implantadas pelas instituições de ensino na construção de um cidadão crítico, consciente de seus deveres para com o meio que o cerca, que o pertence, mas também aos demais seja do presente, seja do futuro. A educação ambiental nada mais é que uma ponte de contato entre o homem e o meio ambiente, a qual, se concentra em uma relação de ganhos e perdas, mas para o equilíbrio do ecossistema deve ser de troca. De ganhos para o ser humano que sobrevive, que progride em cima da exploração do meio ambiente, e, portanto, de perdas para este. De necessária troca porque o homem deve adquirir um consumo consciente que extraia, mas que também reponha para diminuir a degradação ambiental, eis o princípio da sustentabilidade. Para isso é de extrema importância a elucidação dessa educação ambiental, que de acordo com Brancalione (2016) se define como:

> [...] um processo que teoricamente consiste em proporcionar uma compreensão de forma crítica, em um ambiente global, que de certa forma vem para desenvolver atitudes, como uma posição consciente e participativa, os valores que são dados 3 em questões que se relacionam com a conservação dos recursos naturais, para poder dar uma melhor qualidade de vida para todos. (BRANCALIONE, 2016, p. 2)

Assim, o autor destaca a finalidade de tal educação enquanto um viés teórico, prático, consciente e participativo para o alcance de um patamar de vida qualitativo coletivo. Questões estas que são trabalhadas de forma abrangente nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, as quais, destacam dentre algumas finalidades o poder de transformação e emancipação da educação ambiental diante do contexto atual em instâncias nacional e mundial. Nas práticas sociais, o que diz respeito as preocupações com as mudanças climáticas, que implicam a degradação natural, a redução da biodiversidade, os riscos sociais e ambientes seja locais e globais.

Nesse sentido, a escola deve propor práticas de ensino pedagógicos que contribuam na elucidação de educandos conscientes, promovendo palestras, atitudes diárias escolares. Logo há a necessidade de uma reeducação do próprio ambiente escolar que se assuma enquanto um espaço sustentável, que eduque a partir do exemplo de como trabalhar as questões inererentes ao meio ambiente e as funções da sustentabilidade. As Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica destacam que as práticas educacionais, o posicionamento da escola diante do compromisso com a natureza e sua preservação ocorrem muitas vezes de maneira "[...] reducionistas, fragmentadas e unilaterias da problemática ambiental, e abordagem despolitizada e ingênua dessa temática" (DCN's, 2013, p. 542). E é muitas vezes isso que ocorre a restrição da educação ambiental, a escola trabalhando apenas em datas comemorativas, tais como o dias da Água (22 de março), Meio Ambiente (5 de junho) e o da Árvore (21 de setembro). E quando isso se concretiza é de forma bem folclorizada, alunos vestidos de elementos que caracterizam a data, algumas vezes, palestras que não contemplem a realidade social e geográfica deles.

Nesse viés de propor um processo de ensino-aprendizagem significativo pautado na educação ambiental e que implique a contribuição e participação de todos os sujeitos da escola, desde do gestor, professores das variadas disciplinas, demais funcionários e, principalmente, dos alunos, Santos e Gardolisnk defendem que dentro do papel escolar a educação ambiental:

> [...] pressupõe que os cuidados com o meio ambiente estejam inseridos na rotina da escola e estabelece que ela se torne um espaço de reflexão, em que alunos e professores debatam sobre as melhores ações a serem desenvolvidas para que os recursos naturais continuem existindo e possam ser usufruídos. (SANTOS & GARDOLISNK, 2016, p. 9)

As autoras mostram a reciprocidade entre docentes e discentes na reflexão de meios e mecanismos de diminuição aos impactos da natureza sofridos pela ação desenfreada do homem. Assim, a discussão sobre o meio ambiente e as possibilidades de sustentabilidade devem ser uma constante no espaço escolar, tal como as tecnologias digitais estão ali presentes desafiando os docentes. Sendo precebidas na sala de aula através dos celulares, tablets, notebooks, tirando a atenção dos alunos para o cerne da aula. Sobre as acepções digitais eem esfera social e escolar, Silva (2007) destaca que na transição do século XX para o XXI houve uma plena difusão dos notebooks e do aumento de acesso à Internet implicando o contato direto com a informação e comunicação, transformando o meio, o espaço, o tempo e os próprios sujeitos. Acarretando não penas mudanças na vida cotidiana, privada e individual,

mas na esfera social, pública e coletiva atigindo áreas de trabalho e pesquisa, que residem ao que tange ao processo de ensino-aprendizagem.

Assim como a educação ambiental não se consitui como disciplina, mas como conteúdo obrigatório, as tecnologias digitais também não é nem disciplina e nem conteúdo obrigatórios, embora seja previsto em toda legislação educacional (PCNs, DCNs, BNCC) a importância de utilizar esses recursos como metodologias na efetivação de uma educação de qualidade. Não é á toa que dentre as competências gerais para a Educação Básica estabelecida na BNCC está a importância de:

> Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BNCC, 2017, p.9)

Dessa forma, as tecnologias digitais podem ser auxiliadoras na prática pedagógica, contribuindo para a construção do conhecimento, pois, são instrumentos que ajudam os professores a tornar suas aulas mais dinâmicas, interessantes e participativas. Atuando também na preservação do meio ambiente, sendo utilizada de forma sustentável. Por isso que a própria BNCC as destacam na questão de resolução de problemas, os quais, podem ser estendidos ao âmbito do meio ambiente.

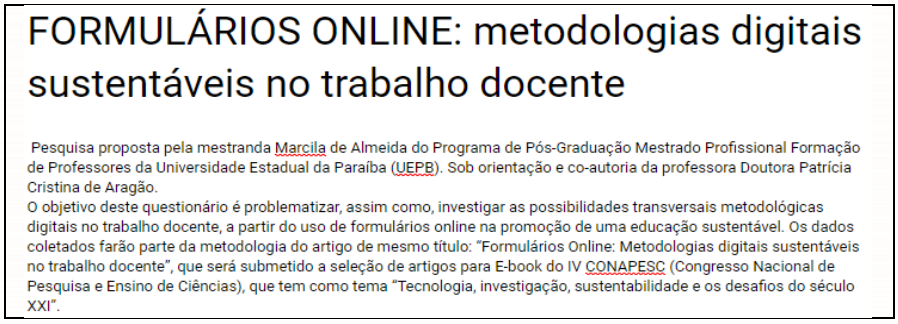
FORMULÁRIO ONLINE POR ELE MESMO: INVESTIGAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

Dessa articulação entre tecnologias digitais e meio ambiente, da função da escola e o papel do professor em adjacência ao dois eixos temáticos temos como ponto em comum a origem e evolução da tecnologia do papel para perceber as consequências ambientais: Da tela em pedra à tabuletas de argila, do papiro feito de vegetal, parente do nosso papel celulose, aos pergaminhos resultante de pele de carneiros e ovelhas à tela digital, várias foram as maneiras de registrar desde as primeiras formas de expressão à invenção da escrita. Diante disso, para compreender as diversas formas estabelecidas por professoras na promoção de uma prática educativa em articulação com as tecnologias digitais e o compromisso com a preservação do meio ambiente, criamos um questionário online[3]. Com objetivo de investigar de que forma os

[3]ALMEIDA, Marcila. **Formulário Online: metodologias digitais sustentáveis no trabalho docente.** Disponível em: < https://docs.google.com/forms/d/1I5TAS6ar7mvGh9vzOsryuwaK_xCwKXneNoSll10pm8Y/edit#responses>.

professores, em suas respectivas áreas do conhecimento, assumem uma prática educativa que privilegie um compromisso para com a preservação ambiental.

Composto por 11 questões, entre elas objetivas e discursivas, respondido por 4 profissionais da área educacional, docentes de áreas do conhecimento da Letras Espanhol e Português, além de História e Química, são diferentes professores e disciplinas com variedades temporais de atuação profissional. Eis a apresentação do formulário/questionário online criado no Google Formulários, com o título igual ao deste artigo sob orientação e co-autoria da professora Doutora Patrícia Cristina de Aragão tem como objetivo de investigar, assim como, problematizar as possibilidades transversais ao uso das tecnologias digitais com a questão de preservação ao meio ambiente e de necessárias práticas sustentáveis atribuídas ao trabalho docente.



FORMULÁRIOS ONLINE: metodologias digitais sustentáveis no trabalho docente

Pesquisa proposta pela mestranda Marcila de Almeida do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional Formação de Professores da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Sob orientação e co-autoria da professora Doutora Patrícia Cristina de Aragão.
O objetivo deste questionário é problematizar, assim como, investigar as possibilidades transversais metodológicas digitais no trabalho docente, a partir do uso de formulários online na promoção de uma educação sustentável. Os dados coletados farão parte da metodologia do artigo de mesmo título: "Formulários Online: Metodologias digitais sustentáveis no trabalho docente", que será submetido a seleção de artigos para E-book do IV CONAPESC (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências), que tem como tema "Tecnologia, investigação, sustentabilidade e os desafios do século XXI".

Nesse sentido, propormos uma investigação sobre de forma geral sobre as potencialidades da prática docente na tenuidade metodológica e prática de tecnologias digitais e meio ambiente. De maneira particular, direcionamos pela questão do uso do formulário online como um dos meios e mecanismos utilizados pela escola, mas, principalmente, pelo professor no sentido de agregar os recursos digitais na preservação ambiental, visto que é um dever e compromisso da escola e de toda comunidade escolar. Não é à toa que a Base Nacional Comum Curricular (2017) traz como direcionamento curricular organizacional das escolas "[...] o incentivo à proposição e adoção de alternativas individuais e coletivas, ancoradas na aplicação do conhecimento científico, que concorram para a sustentabilidade socioambiental" (BNCC, 2017, p. 279). Nesse sentido, buscando uma promoção e incentivo ao convívio equilibrado com o espaço ambiental, através de consumo de cunho inteligente e responsável dos bens naturais para que possam se renovar na contemporaneidade para fundo de manutenção futura.

Defendemos que uso do formulário online pelos docentes na realização de atividades implica em duas questões fundamentais na contemporaneidade do processo de ensino

aprendizagem de qual seja a área do conhecimento. Já que as escolas gastam muitos papéis na impressão de atividades que não só a prova bimestral, por exemplo, mas também de outras extras. As quais, muitas vezes são jogadas no lixo pelos alunos quando o professor às entregam. De acordo com os dados disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2018, houve o aumento de 3,4% da produção florestal chegando a atingir cerca de R$ 19, 1 bilhões em 2017. Dentre as estatísticas denota-se que dentre esses valores uma média de 14, 8% bilhões, em uma faixa de 77, 3%, desse total são de florestas plantadas para fins comerciais (silvicultura) e 4, 3 bilhões (1,9%) para extrativismo.

Conforme os dados do IBGE o extrativismo madeireiro se concentra em 90% em 2017 em relação ao ano de 2016, dentre seus usos é matéria-prima em particular para a indústria de papel e celulose. Logo, muitas árvores são derrubadas para a fabricação do papel, a escola se concentra como um dos espaços que mais utiliza papel, sendo constante e de alto nível de necessidade. A partir disso, e em relação as potencialidades das tecnologias digitais e as recorrentes revoluções sofridas por essas, houve uma ressignificação social e cultural, ao passo que o ato de ler passou do instrumento material para o virtual, digital. Os livros foram transformados em PDF, E-book. Nesse sentido, sob o viés dessa ressignificação do papel de uma esfera material para uma atribuição digital, destacamos a importância para o uso do formulário online como uma ferramenta que possa contribuir no trabalho docente, na medida o uso de celulares e internet são uma constante na vida dos alunos.

O questionário online começa com uma sondagem acadêmica e profissional, conforme se apresenta na tabela abaixo:

FORMAÇÃO ACADÊMICA	INSTITUIÇÃO	CONCLUSÃO (ANO)	ATUAÇÃO PROFISSIONAL (ANOS)
História	UEPB	2004	17
Letras/ Espanhol	UEPB	2014	1 e meio
Letras/ Português	UEPB	2015	Não respondeu
Química	UEPB	2007	Não respondeu

É notório a diversidade de áreas do conhecimento a partir da coleta de dados o que contribui para a afirmação de da transversalidade que deve ser empregada ao que compete a educação ambiente no espaço escolar, principalmente, em sala de aula nas respectivas disciplinas e professores. Embora não seja uma disciplina consolidada, mas um norte educacional que rege a prática didático-pedagógica das demais disciplinas disponibilizadas no âmbito escolar, a Organização das Nações Unidas, Unesco (2015) enquanto componente que

"[...] enfatiza a relação dos homens com o ambiente natural, as formas de conservá-lo, preservá-lo e de administrar seus recursos adequadamente"(UNESCO, 2005, p. 44). Assim, esse órgão de atribuições educacional, científica e cultural elucida o papel que a educação ambiental deve desempenharr ao longo do curso temporal, espacial e geracional.

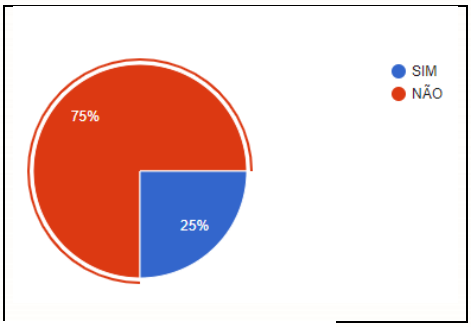
Iniciamos o questionário investigando a relevância da sustentabilidade para os professores, como bem mostra a tabela abaixo:

	1. Para você qual a importância da sustentabilidade?
História	A sustentabilidade demonstra nosso cuidado e preocupação com o meio ambiente e as diferentes formas de vida do planeta.
Letras/ Espanhol	Ela importante pois reflete na qualidade de vida das pessoas e do planeta como um todo.
Letras/ Português	É uma forma de garantir o futuro dos nossos descendentes e do planeta.
Química	Minha área é está então, acredito que a sustentabilidade é de grande importância para a vida na terra, para o equilíbrio e para preservação do planeta.

Notamos que eles reconhecem a importância da sustentabilidade como uma necessidade de preservação das vidas humana, vegetal e animal, como ponto de equilíbrio que se estabelece da relação do homem e sua interferência no meio ambiente e seu progresso industrial e tecnológico. Ambos destacam as contribuições, objetivos e finalidades desse tipo de educação, as quais estão ampliadas e bem definidas na lei n° 9.795/1999 que corresponde à Política Nacional de Educação Ambiental, a qual destaca em seu 1° artigo a definição, segundo ela:

> Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (BRASIL, 1999)

Nesse sentido, esse artigo mostra que é um trabalho coletivo que perpassa por diversas questões que contribuem na construção de valores sejam eles sociais, científicos, habéis, além de atitudes e competências relacionadas para a conservação do espaço ambiental que implique a uma qualidade de vida sadia e sustentável. Já a segunda questão pergunta: "Você acha que questões ambientais e assim, sustentáveis, devem ser trabalhadas apenas por professores de Ciências, Biologia e Geografia?



Arquivo pessoal/2019

O gráfico mostra que dentre os 4 professores que responderam o questionário, 75% acha que as questões ambientais e as medidas de sustentabilidade devem ser trabalhadas por todos os professores, independente da área do conhecimento e do saber escolar que detenha. Ou seja, embora todos tenham destacado em suas respostas da primeira questão a importância da sustentabilidade para vivência e sobrevivência dos seres humanos, animais e vegetais, nem todos concordam com a ideia (o que não é apenas uma ideia, mas um princípio norteador defendido e estabelecido em legislações educacionais, como a própria Política Nacional de Educação Ambiental, mas também evidenciadas nos PCN´s, BNCC, DCN´s) de que a responsabilidade docente deve ser coletiva e interdisciplinar, 25% defende que deve ser atribuição apenas da área das ciências naturais, quando muito, nas humanas, limitadas a disciplina de Geografia. Indo na contramão da lei 9.795/1999 que denota a educação ambiental com um componente que não é apenas não apenas essencial, mas permanente na educação brasileira, sendo de responsabilidade de todos os níveis, modalidades e etapas da esfera educacional, seja de maneira formal ou não-formal.

Mas esse determinante não pode implicar na acusação ao docente, pelo contrário, suscita reflexões a respeito, já que é preciso analisar o contexto escolar e educacional e de condições de trabalho dos professores. O cotidiano profissional docente é muito complicado, carregado, compartilhado com os alunos e muitas vezes dividido entre diferentes escolas, já é um sacrifício e de extrema responsabilidade dar conta dos conteúdos obrigatórios pertencentes e exigidos em cada disciplina, assim como a constante, infelizmente, carga horária dupla, tripla em diferentes escolas para completar a renda. Na terceira questão há um questionamento sobre o papel do professor frente ao equilíbrio entre práticas sustentáveis e o meio ambiente, como bem mostra a tabela abaixo:

	3. Qual o papel do professor diante do meio ambiente e da sustentabilidade?
História	Importante, pois no convívio diário com os alunos podemos conscientizá-los do nosso papel no uso consciente dos recursos naturais.
Letras/ Espanhol	Creio que é de ser um agente mobilizador, que promove a reflexão e responsabilidade

	social frente ao meio ambiente.
Letras/ Português	Conscientizador.
Química	Diante do atual sistema que vivemos, acredito que nós enquanto professores, de qualquer que seja a disciplina, devemos mostrar ao alunado a importância da preservação do meio ambiente e da sustentabilidade. Mostrando maneiras de se preservar, mostrando como é importante ter uma consciência em relação a isto, pois nós dependemos da terra para vivermos, então cabe a nós cuidar dela. Acredito que o professor pode mostrar os impactos ambientais que a terra vem sofrendo desde os primórdios até agora. Mostrando como o ser humano vem destruindo o seu lar.

Os pronunciamentos são de um valor ímpar ao passo que promovem uma reflexão, conscientização e responsabilidade para com o meio ambiente e o meio social, já que a sustentabilidade se envereda por essa caracterização como uma ponte de pacificação de uso e exploração do homem sobre a natureza. É um apaziguamento necessário, que deve ser constante entre o homem e o ambiente, a sustentabilidade está para o meio social e seu contato com o natural. Alguns professores defendem essa via de mão dupla meio ambiente-sustentabilidade, enquanto um agente que move a prática pedagógica no sentido de formar alunos conscientes de seu dever de preservação e respeito ao lar que faz parte, a Terra. E embora 25% tenham respondido à questão anterior que esse tema deve ser trabalho apenas no espaço das ciências naturais e Geografia, em resposta a esta todos denotam o papel docente diante de tais problematizações.

Sobre o modo de como cada professor trabalha a sustentabilidade em sua respectiva área do conhecimento e, consequentemente, na sua prática docente dentre as atividades são inquietações da quarta questão, a qual se apresenta da seguinte forma:

	4. De que forma você trabalha a sustentabilidade na sua área do conhecimento e, consequentemente, na sua prática docente?
História	Reaproveito materiais, uso sucata, incentivo-os a conservarem seus materiais, a não consumirem produtos industrializados.
Letras/ Espanhol	Por meio dos temas transversais, e utilizando mediadores como o audiovisual e músicas
Letras/ Português	Leituras e discussões reflexivas
Química	Bem no ano passado fizemos na escola, um projeto muito especial chamado horta vertical, onde a comunidade escolar juntou garrafas pets, e nessas garrafas plantamos leguminosas e chás, que hoje são usadas na própria escola na preparação da merenda, em seguida coletamos pneus usados e fizemos um canteiro com flores. Neste ano implantamos um projeto chamado um sorriso tirado do lixo, que consiste em usar matérial reciclável para criar coisas ,como brinquedos e artesanato.

A partir dessas respostas em adjacência as da questão 2, compreendemos que mesmo que 25% tenham atribuído o ensino ambiental à esfera científica natural e geográfica, todos os professores que responderam, seja de maneira teórica ou prática ou em consonância,

trabalham a sustentabilidade em suas respectivas áreas científicas disciplinares das diversas maneiras como expostas na tabela a cima, desde de leituras e discussões reflexivas e lúdicas com uso de linguagens e instrumentos metodológicos digitais diversos a hábitos alimentares e reaproveitamento e coleta de insumos descartáveis e acumulativos. Destaque para o professor de Química que em dois anos consecutivos realizou, junto à sua escola, projetos como uma horta vertical e confecção de brinquedos a partir de materiais recicláveis. Sobre essa relação teórica e prática no cerne escolar em benefício ao meio ambiente e de cunho sustentável, Narcizo (2009) acrescenta que no espaço escolar se consolida como uma possibilidade de [...] fomentar a criatividade e o raciocínio dos alunos, através de atividades dinâmicas e participativas, unindo teoria e prática". (NARCIZO, 2009, p. 88).

O quinto questionamento dá início a articulação das tecnologias digitais no fazer docente enquanto possibilidades no processo de ensino-aprendizagem, como mostra a tabela abaixo:

	5. Pra você qual a importância das tecnologias digitais? De que forma elas podem contribuir no processo de ensino- aprendizagem?
História	As tecnologias digitais estão presentes em nossa vida, de modo que não podemos ignorá-las. Utilizá-las para pesquisa, um jogo pedagógico, ou até mesmo um aplicativo é importante para ajudar o nosso aluno a perceber que ela não serve apenas como diversão, mas também como ferramenta de aprendizagem.
Letras/ Espanhol	São de extrema importância, principalmente nos dias atuais, que está imerso nesse mundo digital, e no qual nossos alunos são os grandes protagonistas. Podem contribuir ajudando a aproximar a escola ao cotidiano e fazer do aluno, mas também por possibilitares múltiplos letramentos.
Letras/ Português	Muito importante. Otimiza o trabalho em sala, integra e permite outras leituras e consequentemente novas oportunidades de aprendizagem.
Química	Bem hoje o mundo está muito mudado, a nova geração já nasce em meio a muitos aparatos tecnológicos, então o professor deve levar para sala de aula algumas dessas novidades, para quê dessa forma as aulas saiam da monotonia.

Os docentes acrescentam a importância da era digital no espaço escolar-educacional, destacando a importância dela para a promoção do processo educativo na medida em que a emprega de maneira direcionada, diferente da usual, como destaca a professora de História. As de Letras Espanhol e Português defendem na contribuição de proximidade, integração e a construção de novas oportunidades de aprendizagem entre escola e aluno, permitida pelo uso de recursos digitais. O professor de Química defende seu uso como uma forma de esquivar da monotonia das aulas, ou seja, como uma maneira de desvencilhar de uma aula tradicional, muitas vezes centrada no livro didático que não gera, não desperta a participação dos discentes. Não é à toa que Tapia e Fita (2006) defende a motivação como um suporte no processo de ensino-aprendizagem na medida em que possibilitam uma relação de

cumplicidade entre professor e aluno, daí uma das importâncias de agregar as tecnologias digitais que tão fazem parte da vida dos jovens e adolescentes, portanto, dos alunos.

Caminhando pare entender o ponto de cruzamento de potencialidades entre as esferas digitais e sustentáveis na sexta pergunta questionamos sobre o uso e manuseio dos recursos digitais pelos professores, conforme a tabela seguinte:

	6. De que forma você utiliza os recursos digitais na sua área do conhecimento e, consequentemente, na sua prática docente? Ou não utiliza?
História	Trabalho com ensino fundamental I, então uso poucos recursos digitais, só para ouvir músicas, ver vídeos, como os computadores da escola não funcionam, não utilizo jogos digitais com os alunos. Uso para estudar e como fonte de pesquisa para preparar aulas.
Letras/ Espanhol	Busco através desses recursos aproximar o idioma adicional ao cotidiano do aluno, pois considero as TICs como mediadores da aprendizagem e do ensino.
Letras/ Português	Instrumentos auxiliadores do ensino
Química	Bem no meu caso, a escola não dispõe de muitos aparelhos tecnológicos, mas levo meus alunos para fazermos experimentos que eles mesmos escolhem em sites de química. Levo filmes relacionados a química e meio ambiente. Procuro sempre levar aulas em slides. Comprei balança digital e programas de química para eles aprenderem a pesar os matéria usados nas experiências. Baixei em PDF e enviei a todos uma tabela periódica.

Os professores de Letras Espanhol e Português apresentam o uso dos instrumentos digitais como recursos auxiliadores em suas respectivas áreas, reconhecendo as tecnologias digitais como mediadoras no processo de ensino e aprendizagem. Logo, os recursos digitais assumindo o papel no âmbito educacional de metodologias ativas, que se baseiam na utilização das tecnologias digitais como aliadas do processo de ensino aprendizagem. Para Moran (2018, p. 5) as metodologias ativas "são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível e interligada". Desse modo, o seu emprego didático-pedagógico direcionado fortalece a autonomia dos alunos, efetiva a construção do conhecimento, possibilita a interação entre alunos e professores, privilegiando o pensamento crítico, a criatividade, a motivação despertando o engajamento dos alunos, dentre outras contribuições que vão de encontro às atribuições da educação ambiental, na medida que, como destacam as DCN's:

> [...] envolve o entendimento de uma educação cidadã, responsável, crítica, participativa, em que cada sujeito aprende com conhecimentos científicos e com o reconhecimento dos saberes tradicionais, possibilitando a tomada de decisões transformadoras, a partir do meio ambiente natural ou construído no qual as pessoas se integram. A Educação Ambiental avança na construção de uma cidadania responsável voltada para culturas de sustentabilidade socioambiental. (BRASIL, 2013, p. 535)

Assim, o ensino ambiental se constrói enquanto uma prática social de finalidade educacional cidadã, de viés crítico, participativo, colaborativo, laboral e processual, ou seja, é

uma constante que advém do indivíduo e da coletividade ao qual pertecem, mas que também emprega saberes tradicionais e novos para uma prática transformadora, um trabalho que é um processo contínuo.

Já os professores de História e Química, embora reconhecem a relevância metodológica digital, evidenciam a precariedade desses recursos na escola, embora o primeiro alega que não usa muito por trabalhar com os anos iniciais do fundamental, além de acrescentar que usa como fonte de pesquisa para estudo e para a própria elaboração de aulas. Enquanto que o químico já faz uma ponte entre a esfera digital e ambiental ao destacar o uso de filmes, de pesquisa em sites, o manuseio de material em pdf, ou seja, do papel virtual/ digital. As respostas desses dois professores, despertam uma problematização visto que as tecnologias digitais tem influenciado e interferido nos âmbitos social e educacional, mas na escola ainda não é uma constante, mesmo quando existe laboratório de Informática, por exemplo, nem sempre é utilizado, muitas vezes, não funcionam.

Mesmo que os alunos levem celulares, tablets para a sala de aula, e os documentos normativos educacionais determinam o uso pedagógico digital a escola ainda está às margens da contemporaneidade tecnológica digital. A exemplo dos PCN's que atribui ao meio ambiente como tema transversal, e não conteúdo específico de uma disciplina, mas que deve ser um processo laboral contínuo, sistemático, de ampla abrangência e integração. Principalmente porque é uma questão que requer conhecimentos das diversas áreas do saber e não apenas das ciências naturais, mas também humanas, visto que é necessário entender não apenas as atribuições físicas, biológicas, químicas e geográficas, mas refletir sobre os contextos históricos, sociais, culturais, econômicos, etc.

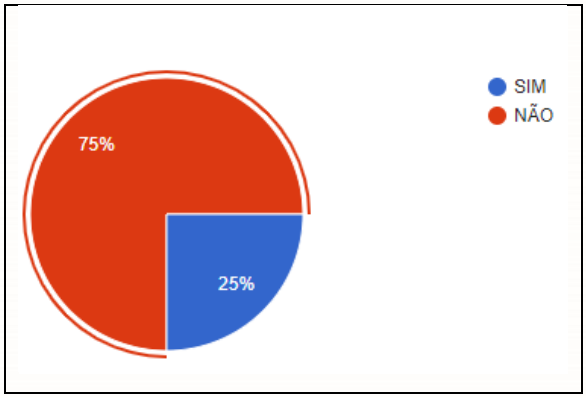
A pergunta seguinte foi elaborada como estratégia de articulação entre o que propomos neste artigo, o de investigar de que forma as tecnologias digitais contribuem no trabalho educacional sustentável, de compromisso com a preservação ambiental. Também utilizado como uma das possibilidades de desvencilhar o estereótipo de que os recursos digitais apenas e exclusivamente destroem os naturais. Entre a linha tênue entre fragilidades e potencialidades dos instrumentos digitais, destacamos o seu uso consciente e didático como uma oportunidade de tornar a escola sustentável, mas, principalmente, de contribuir para que os professores possam atuar em seus espaços de trabalho com seu público, sala de aula e alunos, respectivamente. Eis a questão na tabela abaixo:

7. Você acha que as tecnologias digitais podem contribuir no processo de uma educação sustentável? De que forma?

História	Não tinha pensado sobre isso, mas acho que sim.
Letras/ Espanhol	Sim.
Letras/ Português	Sim. Integrando culturas. Possibilidade de maior interação entre alunos de diferentes culturas e classes.
Química	Sim, bem com as tecnologias digitais primeiramente deixamos de lado o papel, e aqui não falo dos livros, que são de estrema importância, mas sim de questionários de mini testes, de tabelas periódicas impressas no papel. Com as novas tecnologias deixamos de lado a antiga caderneta.

Dentre as respostas que permeiam por dúvida, afirmações e possibilidades de interação docente e discente, destaque para a integração da diversidade cultural e social, destaquemos o apontamento feito pelo professor de Química ao mencionar a transição que aos poucos vem acontecendo nas escolas, nas redes de ensino estaduais já é uma constante, nas municipais ainda é embrionária, da caderneta de papel para a digital, exigindo dos professores noções básicas de uso e manuseio informático. Mas em sala de aula não é esse uso que se deve se direcionar, mas atribuições de viés metodológico que torne toda e qualquer ferramenta digital auxiliar da prática docente.

As duas questões seguintes são complementares, se a oitava faz o seguinte questionamento: Você já usou formulários online para alguma atividade com os alunos? A nona pergunta de que forma eles já utilizaram, como estão expostos no gráfico e tabela baixo:



	9. Para que você utilizou formulários online com os alunos?
História	Ainda não utilizei.
Letras/ Espanhol	Ainda não usei. Mas, pretendo.
Letras/ Português	Ainda não usei com alunos.
Química	A escola que trabalho todo mês dispõe de um formulário para os alunos avaliarem os professores e vice e versa.

Então de análise conjunta e complementar percebemos que os demais professores não utilizaram formulários online em suas práticas docentes e quando houve o uso desse recurso

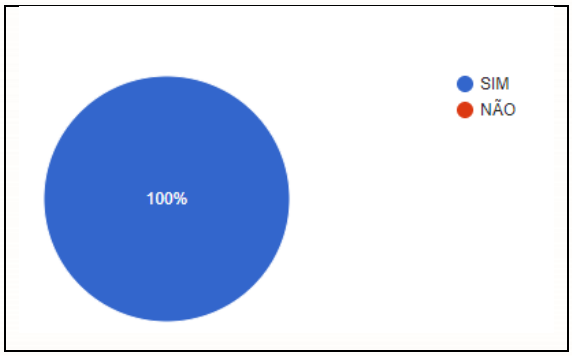
foi apenas como modelo de censo avaliativo, como destaca o professor de Química. Compreendemos e defendemos que o uso do formulário online possa contribuir na diminuição do uso do papel em atividades que requer impressão, uma forma simples de economia e medida sustentável. Já que a escola é um dos espaços que mais gastam papel e a maioria é usada em atividades para alunos, muitas vezes cada professor durante o bimestre faz, fora a prova, duas ou três atividades complementares impressas. Atividades essas corrigidas e recebidas pelos alunos, os quais muitas vezes jogam no lixo para não acumular papel.

Dessa forma, percebendo que muitos alunos têm acesso à Internet e utilizam o celular, tablets (levando até para a escola), notebooks, computadores possibilitando que professores possam desempenhar atividades online em sala de aula ou extraclasse. Principalmente porque o formulário é uma plataforma do Google Formulários que possibilita a criação de questionários que armazenam online perguntas e respostas, logo usando essa ferramenta para realização de atividades complementares, os docentes estão contribuindo para o uso consciente do papel, já que é uma problemática atual que trouxemos dados do IBGE no início deste tópico para destacar que o desmatamento ocorre principalmente para as indústrias de papel e celulose.

Logo, os professores podem criar as atividades online e compartilhar para que os alunos possam respondê-las, seja em sala de aula se eles ou a escola tiverem acesso a Internet, ou que possam responder em casa ou em qualquer outro local. Quando respondido os professores têm acesso as respostas em qualquer local, o que facilita, porque nem sempre eles têm tempo para corrigir a pilha de atividades impressas, e no campo digital podem ter acesso e corrigi-las em qualquer tempo e espaço. Otimiza tempo, contribui para a preservação do meio ambiente ao passo que economiza papel que ia ser jogado fora e que pode ser direcionado para outras funções e demais turmas escolares. Sobre essas questões inerentes ao universo virtual a LDB do Ensino Médio destaca no parágrafo 8° do artigo 35-A que :

> Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação processual e formativa serão organizados nas redes de ensino por meio de atividades teóricas e práticas, provas orais e escritas, seminários, projetos e atividades online [...]. (BRASIL, 1996, grifo nosso)

Então a nova configuração do ensino médio destaca o objetivo de formar um educando que domine não apenas os princípios científicos, mas tecnológicos que orientam, influenciam e interferem na vida humana, na prática social. Na próxima questão: Você acha que a elaboração de formulários online pelo professor pode possibilitar uma prática educativa e um ensino sustentável?



Embora não fazendo uso de atividades no Google Formulários os todos os professores, colaboradores do questionário online, afirmam que a elaboração de formulários online podem contribuir na elucidação de uma prática educativa de ensino sustentável. Já a última questão investiga de que modo esses profissionais da educação acham que o uso e manuseio de formulário online possibilita essa prática, como traz a tabela seguinte:

	11. De que forma você acha que a utilização de formulários online elaborados pelo professor pode possibilitar uma prática educativa e um ensino sustentável?
História	Como não utiliza papel acho que é uma forma de contribuir com o meio ambiente, assim como mostra aos alunos a importância de utilizar diferentes recursos no ambiente escolar, dinamizando as aulas.
Letras/ Espanhol	Creio que os formulários podem ser via de reflexão e avaliação a respeito da sustentabilidade.
Letras/ Português	Otimização do tempo. Melhor e mais rápida circulação. Economia de recursos materiais.
Química	Bem primeiramente acredito que a partir do momento que deixamos de imprimir em folhas questionários, passando a desenvolver online, já estamos colaborando para um mundo mais sustentável . Mostrando aos alunos que devemos buscar meios de mudar esse consumo de recursos desenfreado.

Ambos denotam a contribuição para o meio ambiental e também educacional, além de relação de cunho teórico, com reflexões educacionais e de sustentabilidade, como prático de redução de uso de folha de papel, perpassando pelo exemplo e prática de ensino atribuída aos alunos para eles aprendam a respeitar e preservar seu lar natural, pois depende disso para que também viva e sobreviva o lar social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes de qualquer coisa a Educação é uma prática social de compromisso não apenas com o tempo e espaço que faz parte, mas também com o meio que está imerso, seja o sóciocultural, seja o natural. Nesse sentido, repensar em um processo de ensino e aprendizagem na contemporaneidade requer nos direcionarmos para as problematizações do tempo vivido, ou seja, do presente. Problematizações das quais perpassam pelos princípios de

víes científico diversificado entre âmbitos digital e natural que acarretam ressignificações no cotidiano da humanidade, seu modo de pensar, agir, de comunicar e se relacionar.

A partir disso propor uma prática pedagógica que direcione os recursos digitais como metodologias no trabalho docente é perceber que as inquietações, anseios e perspectivas dos alunos atuais e da sociedade como todo são diferentes e estão em constante processo. Ao articularmos as tecnologias digitais ao contexto da educação, abrimos inumeras possibilidades de construção de conhecimento dentro e fora da sala de aula, esta abertura contribui para aproximar gerações, escola, educação e novas conformações sociais que na contemporaneidade ganham contorno no campo educacional. Assim como aliada na prática de respeito e preservação ao meio ambiente para sobrevivivência da geração presente e das futuras.

REFERÊNCIAS

BACICH, Lilian; MORAN, José. (orgs.). **Metodologias Ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teorico-prática.** Porto Alegre: Penso, 2018.

BRANCALIONE, Leandro. Educação ambiental: refletindo sobre aspectos históricos, legais e sua importância no contexto social. **REI-Revista de Educação do Ideau**, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 23, jan./jun. 2016. Disponível em: <https://www.ideau.com.br/getulio/restrito/upload/revistasartigos/358_1.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2019.

BRASIL. BNCC. **Base Nacional Comum Curricular**. Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.

_____. Congresso Nacional**.** Lei, n° 9.795, de 27 DE abril de 1999. **Política Nacional de Educação Ambiental.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm>. Acesso em: 06 jun. 2019.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

_____. IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2017.** Disponível em <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/15f538e9095614fc3204f828b22fa714.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

_____. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC/SEB/ DICEI, 2013.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs).** Ensino Fundamental. Ensino Médio. Brasília: MEC/SEF, 1998.

SANTOS, Peres dos; GARDOLINSK, Maria Terezinha Hanel Antoniazzi**. A importância da educação ambiental nas esolas para a construção de uma sociedade sustentável**. Disponível em: < http://www2.al.rs.gov.br/biblioteca/LinkClick.aspx?fileticket=1VmNggPU170%3D&tabid=5639>. Acesso em: 26. mai. 2019.

SILVA, Marcos.; FONSECA, Selva. Guimarães. **Ensinar história no século XXI: Em busca do tempo entendido.** Campinas, SP: Papirus, 2007.

ALMEIDA, Marcila. **Formulário Online: metodologias digitais sustentáveis no trabalho docente.** Disponível em: < https://docs.google.com/forms/d/1I5TAS6ar7mvGh9vzOsryuwaK_xCwKXneNoSll10pm8Y/edit#responses>.

FITA, Enrique Caturla; TAPIA, Jesús. **A motivação em sala de aula: o que é, como se faz?** Tradução: Sandra Garcia. 7. ed. Edições Loyola.: São Paulo, Brasil, 2006.

UNESCO. **Década das Nações Unidas da Educação Ambiental para um desenvolvimento sustentável, 2005-2014: documento final do esquema internacional de implementação.** Brasília: UNESCO, 2005. 120 p. Disponível em: < https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139937_por>. Acesso: 05. jun. 2019.

NARCIZO, Kaliane Roberta dos Santos. Uma análise sobre a importância de trabalhar educação ambiental nas escolas**. REMEA-Rev. eletrônica Mestr, Educ. Ambient,** Rio Grande do Norte, v. 22, p. 86-94. 2009. Disponível em:<https://periodicos.furg.br/remea/article/view/2807>. Acesso em: 17 jun. 2019.

GESTÃO CIRCULAR DAS ÁGUAS: ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO

Mateus Cunha Mayer[1]
Rodrigo de Andrade Barbosa [2]
João Paulo de Oliveira Simões[3]
Salomão de Sousa Medeiros [4]
George Rodrigues Lambais[5]

RESUMO

O semiárido brasileiro possui 1.262 municípios, dos quais 39% possuem até 10 mil habitantes, que geralmente não tem acesso a tecnologias alternativas para diminuir a vulnerabilidade hídrica da região. Desta forma, o INSA vem desenvolvendo e popularizando tecnologias para alcançar a gestão circular das águas, através da implantação de um sistema complementar de abastecimento de água de chuva e um sistema de tratamento de esgoto para reúso agrícola, implantados inicialmente na sua sede administrativa, onde toda a água da chuva precipitada no local é aproveitada pelo instituto e, consequentemente, todo o esgoto gerado é tratado e reutilizado na irrigação agrícola de áreas experimentais na própria instituição. Os resultados comprovaram que o sistema de abastecimento complementar promoveu uma economia de R$ 26.648,00 ao longo dos últimos três anos, diminuindo a dependência do fornecimento de água pela concessionária pública. Já o sistema de tratamento de esgoto apresentou eficiência na remoção de matéria orgânica, com satisfatória manutenção de nutrientes e qualidade sanitária, indicando a aptidão do efluente para o reúso agrícola. Sendo assim, a tecnologia de gestão circular da água, adotada no INSA, poderá contribuir satisfatoriamente para a diminuição do estresse hídrico no semiárido brasileiro, colaborando para o desenvolvimento sustentável da região.

Palavras-chave: Abastecimento complementar, Água de chuva, Tratamento de esgoto, Reúso agrícola, Economia circular.

INTRODUÇÃO

O crescente aumento populacional, a poluição e a falta de gestão estão impactando diretamente os recursos hídricos no Brasil e no mundo. Em regiões áridas e semiáridas a água tornou-se fator limitante para o desenvolvimento socioeconômico. Todavia, o fenômeno da escassez não é exclusivo de tais áreas, mesmo em regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender as demandas excessivamente elevadas, têm ocorrido conflitos de

[1]Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, mateus.mayer@insa.gov.br;
[2]Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, rodrigo.barbosa@insa.gov.br;
[3]Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, joao.simoes@insa.gov.br;
[4]Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, salomao.medeiros@insa.gov.br;
[5]Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, george.lambais@insa.gov.br;

usos e restrições de consumo. A disponibilidade hídrica vem sendo afetada, tanto sob o ponto de vista qualitativo como quantitativo, principalmente devido aos elevados índices de evaporação, distribuição irregular das chuvas, disposição inadequada de resíduos sólidos e lançamento de esgoto sem tratamento.

A região semiárida apresenta precipitações médias anuais da ordem de 400 mm. Nesta perspectiva, surge a necessidade de buscar soluções alternativas para diminuir a vulnerabilidade hídrica da região (JATOBÁ *et. al.*, 2017, p. 136-149). Uma forma de conservação e preservação dos escassos recursos hídricos disponíveis é a utilização de fontes alternativas de água, como o aproveitamento imediato da água de chuva (PALLA *et. al.*, 2012, p. 71-80). A adoção de reservatórios para armazenamento imediato da água de chuva é uma prática já disseminada em muitos países, sendo, portanto, uma alternativa viável (ANDRADE NETO, 2013, p. 73-86).

A captação da água de chuva é uma tecnologia que inicialmente foi adotada por comunidades rurais para atender os diferentes usos no núcleo familiar, inclusive para usos potáveis. Entretanto, com os sérios problemas hídricos enfrentados em diferentes regiões, que afetam diretamente o abastecimento público, essa tecnologia vem adentrando o setor urbano como uma fonte complementar ao sistema de abastecimento.

O uso de reservatórios e/ou cisternas para captação e armazenamento da água de chuva para consumo doméstico é uma prática milenar em várias regiões do mundo e, atualmente, tem merecido maior interesse e ampla aplicação. No meio rural, as águas de chuva armazenadas em cisternas são utilizadas para consumo doméstico. Nas cidades, as cisternas prestam-se, principalmente, para controle de enchentes, mas também podem ser uma importante fonte complementar de suprimento de água. Ademais, é uma tecnologia ecologicamente sustentável e de aplicação difusa e socialmente justa.

Nesse contexto, o aproveitamento das águas pluviais surge como um importante papel para o aumento da oferta de água, além de reduzir os impactos sobre o ambiente. Muitas regiões com problemas de escassez de água já fazem uso da água de chuva, como por exemplo, o semiárido brasileiro, que possui tradição nesse tipo de tecnologia social, cuja adoção foi alavancada pelas ações do Programa um Milhão de Cisterna (P1MC) e o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), que juntos, contemplam mais de 596.917 cisternas rurais e aproximadamente 95.000 cisternas para uso familiar e comunitário (ASA, 2017).

Diante da problemática da escassez dos recursos hídricos e do potencial de aproveitamento das águas pluviais, outros locais e instituições, no Brasil e no mundo, também realizaram ações neste sentido, a exemplo do Ceará, que foi um dos estados que mais investiu em infraestrutura hídrica diante da crise (RABELO; LIMA NETO, 2018, p. 61-79).

No Brasil é comum a utilização de fontes alternativas de recursos hídricos, porém muitas vezes são realizadas de forma inadequada, como exemplo, temos a utilização do esgoto sem tratamento na agricultura. Diante desta realidade, ressalta-se que o esgoto produzido necessita de tratamento antes do reúso ou lançamento em corpos hídricos.

A produção de esgoto no Semiárido Brasileiro (SAB) alcançou a marca de 423 milhões de m^3/ano, onde o volume coletado contabilizou 117 milhões de m^3/ano, aproximadamente 28%. Por fim, o volume de esgoto tratado se limitou a 89 milhões m^3/ano, o que equivale a 21% do todo o esgoto produzido no SAB (MEDEIROS *et. al.*, 2014, p. 63). Desta forma, no semiárido temos 79% de esgoto sendo lançado sem tratamento, não atendendo a resolução CONAMA 430/2011, poluindo os recursos hídricos e prejudicando a saúde da população; isto evidencia a importância da universalização do saneamento básico, proposta pela Política Nacional de Saneamento Básico (Lei N° 11.445, 2007). Para alcançar essa meta, o Brasil precisa investir no saneamento básico e na gestão dos recursos hídricos.

O tipo de tratamento necessário, para atender os padrões de lançamento de efluentes, depende das características dos resíduos líquidos, podendo ser físico, químico e/ou biológico. Os esgotos tipicamente domésticos apresentam uma boa biodegradabilidade, favorecendo os processos metabólicos dos microrganismos, então, geralmente utiliza-se o tratamento biológico, que pode ser aeróbio ou anaeróbio. Em ambos, os microrganismos utilizam os componentes do esgoto como substrato, mineralizando a matéria orgânica e outros compostos (SOUSA, 2005, p 260-265). Os principais sistemas anaeróbios utilizados no Brasil, para o tratamento de esgotos, são as lagoas anaeróbias, o decanto-digestor, o filtro anaeróbio, o reator anaeróbio de leito expandido e/ou fluidificado, e o reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo – UASB (PASSIG; CAMPOS, 2005).

A partir da década de 70, a tecnologia do reator UASB se tornou uma das mais reconhecidas, principalmente para países que possuem poucos recursos e clima quente (KHAN *et. al.*, 2011, p. 1232-1251). Isto se deve as vantagens que este sistema apresenta, tais como: baixo custo de implantação, recuperação de energia na forma de biogás, facilidade de operação, pequena demanda por área e baixa produção de lodo que sai adensado e estabilizado (VAN HAANDEL; LETINGA, 1994, p. 240; CHERNICHARO, 2007, p. 379).

Os reatores UASB se tornaram uma alternativa muito vantajosa para o tratamento de despejos líquidos no Brasil, pois o clima é um fator condicionante, além de possuir baixos custos de instalação e operação. Apesar das grandes vantagens em utilizar processos anaeróbios para tratamento de águas residuárias, existem também algumas desvantagens, dentre elas,

destacam-se a necessidade de pós-tratamento para alcançar os padrões exigidos na legislação para lançamento ou reúso (ROCHA *et. al.*, 2017, p. 29-44).

Nesta perspectiva, a gestão das águas tem papel fundamental, uma das ações mais importantes dessa gestão é buscar fontes alternativas de água para usos menos nobres, destinando a água potável para demandas mais exigentes. O Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTIC) vem contribuindo na ampliação da capacidade de resposta do SAB a vulnerabilidade hídrica, por meio da pesquisa e desenvolvimento tecnológico, quanto ao aproveitamento de águas de chuvas, salinas e residuárias, visando o atendimento às atividades urbana, agrícola e industrial. Na sede administrativa é realizada a gestão circular das águas, através de um sistema de abastecimento complementar de água de chuva e um sistema de tratamento de esgoto para reúso agrícola.

METODOLOGIA

Sistema de aproveitamento da água de chuva

O Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva (SAAC) está implantado no Instituto Nacional do Semiárido (INSA), unidade de pesquisa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), localizado no município de Campina Grande, PB. Esse sistema de abastecimento complementar é composto por uma unidade de captação, armazenamento, tratamento e aproveitamento imediato das águas pluviais.

Para que tal atividade seja realizada, as áreas cobertas (telhados) dos setores foram adaptadas para receber os dispositivos hidráulicos. Desse modo, as instalações receberam calhas para coleta das águas; tubos verticais e horizontais para direcionamento das águas; e tubulações para o desvio das primeiras chuvas com capacidade de descarte do primeiro milímetro; e, por fim, a implantação do sistema de armazenamento, composto por 34 caixas d'água com capacidade de 20.000 litros cada unidade, totalizando um aporte de armazenamento de 680.000 litros de água. Toda a estrutura de cobertura da sede administrativa foi utilizada para a captação da água de chuva. A área dos telhados pode ser observada no panorama apresentado na Fig. 1.



Figura 1- Panorama da sede administrativa do INSA.

A unidade de abastecimento de água do INSA é composta por dois sistemas que funcionam de forma interligada: o Sistema Público de Abastecimento de Água (SPAA), que fornece água através do sistema público urbano; e o complementar, proveniente do Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva (SAAC), conforme apresentado na Fig. 2. Assim, na ausência de uma das fontes, a outra é acionada.

A rede de distribuição externa fornece água através do sistema público de abastecimento. Sendo assim, possui um hidrômetro externo para registrar o consumo mensal, enquanto que o sistema interno possui hidrômetros em todos os setores de consumo, os quais são submetidos às leituras mensais.

Para o consumo ser efetivo em todos os usos, a água de chuva armazenada no INSA passa por um tratamento simplificado, composto pelas etapas de filtração e desinfecção com cloro (conforme padrão de potabilidade de água vigente), e é direcionada às caixas d'água de distribuição. Partindo deste ponto, a água é distribuída para todas as instalações, por exemplo: banheiros, copas, laboratórios, jardinagem, limpeza em geral, entre outros.

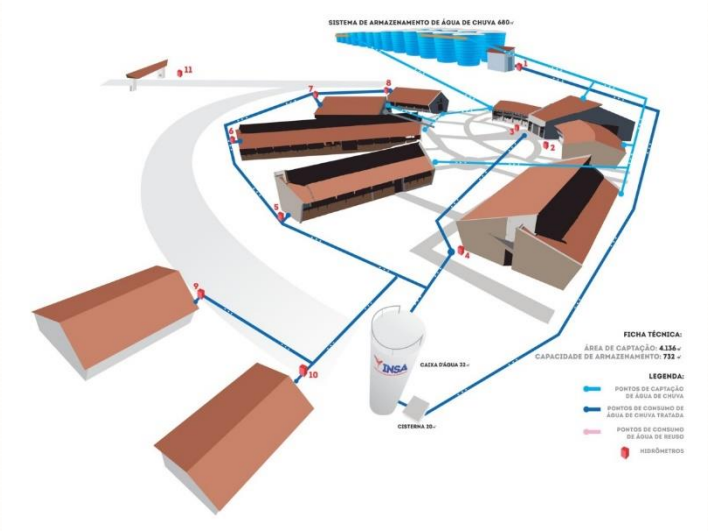


Figura 2 - Layout do Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva (SAAC).

Os dados de precipitação pluviométrica foram coletados na estação climatológica automática (HOBO U30 *Station*), instalada na sede do INSA. Para o estudo foi utilizado um período de três anos de dados pluviométricos, de janeiro de 2016 a dezembro de 2018, cujo total de chuvas observadas foi de: 574 mm (2018); 360 mm (2017); e 440 mm (2016).

As informações das áreas das superfícies de captação foram obtidas de projetos arquitetônicos (planta baixa). A Tabela 1 apresenta a área de cobertura de cada uma das instalações (prédios) que fazem parte do sistema de captação da água de chuva.

Tabela 1 - Áreas das superfícies de captação do Instituto Nacional do Semiárido - INSA.

Instalações	**Área (m²)**
Setor administrativo	982
Setor técnico I e II / laboratório/ refeitório	1.879
Auditório / biblioteca / salas de treinamento	1.275
Área total de cobertura	**4.136**

O monitoramento quantitativo do sistema de abastecimento de água do INSA é realizado através de leituras mensais em todos os hidrômetros instalados na área externa e interna, sempre observando a variação de volume consumido entre o mês atual e o anterior.

O consumo do SPAA é acompanhado por um único hidrômetro, que registra o consumo mensal, já os demais hidrômetros registram o consumo individualizado (por setor) das instalações (casa de bomba, auditórios, laboratório, refeitório, setor administrativo, setor

técnico I e II, casa do trabalhador, garagem e guarita). Com essas informações foi possível verificar os meses de maior consumo de água, o total consumido por setor e a contribuição da água de chuva como fonte complementar ao sistema de abastecimento urbano.

Os parâmetros qualitativos selecionados para o SAAC foram analisados conforme procedimentos analíticos estabelecidos no *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater* (APHA, 2012). O monitoramento da qualidade da água foi realizado por meio da caracterização físico-química (Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, pH e Cloro Livre) e microbiológica (Coliformes Totais e *Escherichia coli*), seguindo os critérios de coleta, amostragem e periodicidade das análises. Para esse acompanhamento, foram selecionados pontos de coletas de água em diferentes locais do sistema de captação (caixas de armazenamento, cisterna e pontos de consumo direto).

Sistema de tratamento de esgoto

Anteriormente, o sistema de tratamento de esgoto do INSA era composto por um tanque séptico (TS) seguido de um filtro anaeróbio, devido à necessidade de se produzir um efluente com qualidade para lançamento em corpo hídrico. Recentemente, o sistema foi modificado, passando a ser composto por duas etapas de tratamento em paralelo (S1 e S2), produzindo efluentes distintos. O S1 é composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e lagoa de polimento, e o S2 é composto por tanque séptico, Reator Anaeróbio de Manta de Lodo – UASB e lagoa de polimento. Os efluentes tratados são armazenados em reservatórios para posterior irrigação das unidades experimentais de reúso agrícola, conforme apresentado na Fig. 3.



Figura 3 – Visão panorâmica do sistema de tratamento de esgoto. Foto: Felipe Lavorato (INSA).

O tanque séptico tem a função de remover sólidos grosseiros e matéria orgânica particulada, através de processo físico; o filtro aneróbio remove matéria orgânica através de processos físico e biológico; o reator UASB remove matéria orgânica através de processo biológico; e as lagoas de polimento removem os patógenos da água, mantendo os nutrientes importantes para a agricultura, como fósforo e nitrogênio.

O monitoramento do sistema de tratamento é realizado mensalmente, desde o mês de Janeiro de 2019, por meio da caracterização físico-química e microbiológica dos afluentes e efluentes produzidos. Os parâmetros físico-químicos monitorados são: sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV); pH, alcalinidade total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total e nitrogênio amoniacal; por fim, os parâmetros microbiológicos analisados são os coliformes totais, *E. coli* e ovos de helmintos. As análises foram realizadas de acordo com as metodologias condizentes (APHA; AWWA; WEF, 2012), com exceção de alcalinidade (BUCHAUER, 1998, p. 49-56).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistema de aproveitamento de água de chuva

A demanda de água para uso interno do INSA é de aproximadamente 1000 m³ de água por ano. O consumo total de água em 2018 foi de 1.221 m³, sendo que o consumo através do SAAC foi de 886 m³ (73%). Em 2017, o consumo total de água foi de 1.003 m³, sendo que o consumo através do SAAC foi de 780 m³ (78%). Já em 2016, início do monitoramento quantitativo, o aporte total de água consumida foi de 1.065 m³, com utilização de 68% (720 m³) correspondente ao SAAC.

Quanto aos fatores financeiros, o total economizado com o consumo da água de chuva em 2018, no INSA, foi de R$ 10.921,00; em 2017, a economia gerada foi da ordem de R$ 9.200,00; já em 2016, o consumo da fonte de água complementar proporcionou uma economia de R$ 6.527,00 ao órgão. Nos três anos de monitoramento foi economizado um total de R$ 26.648,00.

É notória a viabilidade econômica da implantação de técnicas de captação e armazenamento de águas pluviais (MORUZZI *et. al.*, 2016, p. 17-28), que por meio de análises do potencial de uso da água de chuva, capacidade de armazenamento e retorno dos recursos envolvidos, chegaram à conclusão que podem atender a altas demandas de usos do local.

Os resultados dos parâmetros de monitoramento qualitativo, referentes ao SAAC, atenderam aos valores exigidos na portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde.

Sistema de tratamento de esgoto

O efluente do sistema de tratamento de esgoto da sede do INSA apresentou uma concentração média de DQO de 210 mgO_2/L, classificando-o como esgoto fraco (METCALF & EDDY, 2017, p. 2008). O reator UASB e o filtro anaeróbio apresentaram uma eficiência média de remoção de DBO_5 de 41 e 40%, respectivamente. A DBO_5 encontrada nos efluentes das lagoas de polimento foram em média de 110 ± 63 mgO_2/L. Levando-se em consideração que a resolução CONAMA Nº 430/2011 estabelece uma remoção mínima de 60% de DBO_5 ou uma concentração efluente de 120 mgO_2/L, podemos considerar que o sistema de tratamento de esgoto da sede administrativa está respeitando a legislação ambiental.

Para o reúso agrícola, o efluente almejado deve conter, principalmente, baixa concentração de material orgânico, preservação de nutrientes (N e P), baixo teor de sólidos suspensos, bem como uma qualidade sanitária estipulapa pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Todas essas caracteríStcas são encontradas nos efluentes do sistema de tratamento de esgoto da sede administrativa do INSA.

Os resultados da qualidade sanitária do efluente final, para todo o período de monitoramento, tiveram uma concentração média de *Escherichia coli* abaixo de $1{,}0x10^3$ NMP 100 mL^{-1} e nenhum ovo de helmintos encontrado. Segundo a OMS, efluentes com essas características sanitárias podem ser utilizados na agricultura para irrigação irrestrita (WHO, 2006). O limite aceitável de *E. coli* para irrigação irrestrita de culturas a serem ingeridas cruas é de $<10^3$ ou 10^4 NMP 100 mL^{-1} para espécies vegetais que se desenvolvem distantes do nível do solo. Para irrigação restrita, o valor médio aceitável no efluente é $<10^5$ NMP 100 mL^{-1}.

A concentração média nitrogênio amoniacal foi de 33 ± 11 mg/L, e a de fósforo total foi de 7,7 ± 1,4 mg/L. Estes valores apontam que as lagoas de polimento com altura de 1,0 metro conservam nutrientes (PEREIRA *et. al.*, 2010, p. 79-88), já que encontraram concentrações efluentes de fósforo total de 1,11 mg/L. Outros autores encontraram concentrações de fósforo sensivelmente constantes ao longo da série de lagoas (próximos de 10 mg/L); entretanto, os valores de amônia foram claramente decrescentes ao longo das lagoas (40 a 10 mg/L), provavelmente como resultado da sua volatilização (BASTOS *et. al.*, 2010, p. 97 – 107). Outrem encontraram concentrações de nitrogênio amoniacal de 40,4 mg/L para reator UASB,

e 4,5 mg/L para lagoa de polimento; fósforo total de 6,1 mg/L para reator UASB, e 3,7 mg/L para lagoa de polimento (SANTOS *et. al.*, 2006).

O valor médio de pH do efluente das lagoas de polimento foi de 8,7, estando dentro da faixa padrão preconizada pela resolução CONAMA Nº 430/2011 (5,0 a 9,0). Já a concentração média de alcalinidade, no efluente das lagoas, foi de 687 ± 106 mg/L; a alcalinidade média do reator UASB sempre foi a maior entre todas as unidades do sistema de tratamento (964 mg/L). Na literatura foram encontradas concentrações efluentes de alcalinidade de 1442 mg/L (PEREIRA *et. al.*, 2010, p. 79-88), pH superficial nas lagoas variando de 7,5 a 9,5 (BASTOS *et. al.*, 2010, p. 97-107), e pH máximo de 7,97 para reator UASB, e 10,57 para lagoa de polimento (SANTOS *et. al.*, 2006).

Analisando comparativamente os sistemas de tratamento estudados no INSA, nota-se, até o presente momento, que o sistema composto por filtro anaeróbio e lagoa de polimento apresentou resultados similares ao sistema composto por reator UASB + lagoa de polimento, porém, este ocupa uma área bem menor e custo reduzido para sua implantação.

A produção de água de reúso, a partir do tratamento do esgoto gerado nas dependências do INSA, manteve-se na faixa de 1.280 Litros/dia, resultando em 38,3 m³/mês de efluente tratado apto para ser irrigado por gotejamento nas unidades experimentais de reúso agrícola. Dessa forma, a água, que contém nutrientes preservados do esgoto doméstico, proporciona uma fertirrigação no sistema agrícola, como pode ser visto na Fig. 4.



Figura 4 - Visão panorâmica do sistema de tratamento de esgoto e unidades experimentais de reúso agrícola. Foto: Felipe Lavorato (INSA).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de aproveitamento de água de chuva implantada no INSA mostrou-se viável como fonte complementar ao sistema público de abastecimento, sendo uma forma de conservação e preservação dos recursos hídricos disponíveis em nossa região. O consumo exclusivo da água de chuva, realizado durante o período estudado, gerou uma economia no custo do serviço público de fornecimento de água pela concessionária estadual, mostrando a sustentabilidade técnica e econômica da tecnologia estudada.

Para o período monitorado (2016, 2017 e 2018), foi possível constatar que o consumo oriundo do SAAC correspondeu a 73%, gerando uma economia média anual de R$ 8.883,00. Vale salientar que durante o período estudado, o município de Campina Grande-PB enfrentou uma crise de abastecimento de água provocada por estiagens prolongadas.

Existe um amplo conhecimento tecnológico que deve ser utilizado de forma mais competente com vistas ao aproveitamento imediato da água de chuva para diversos usos, sobretudo para maximizar a relação benefício/custo, aumentar a segurança sanitária dos sistemas e, assim, assegurar a distribuição e qualidade da água. Destaca-se a necessidade da continuidade de estudos voltados ao meio urbano, bem como o monitoramento do sistema e estudos mais avançados no tocante à captação e o armazenamento das águas pluviais.

Com relação ao sistema de tratamento de esgoto, pode-se constatar que o mesmo possui facilidades de instalação, operação e manutenção; estabilidade e eficiência operacional; dimensões compactas e custos compatíveis com o volume a ser tratado e com a qualidade de água para a finalidade preterida, sendo alternativa sustentável para aplicação em outras instituições ou comunidades do semiárido brasileiro.

De forma similar à maioria dos processos compactos de tratamento de esgoto, os reatores UASB e filtros anaeróbios, ainda que bem adequados à remoção da matéria orgânica, não são eficientes na eliminação de patógenos, necessitando, portanto, de uma etapa de pós-tratamento. Tal objetivo pode ser alcançado de forma simples e conveniente em lagoas de polimento, constituindo uma das alternativas mais eficientes de desinfecção de efluentes de reatores UASB ou filtros anaeróbios, uma vez que mantêm a simplicidade conceitual e o baixo custo de implantação e operação.

Quantos as aspectos nutricionais, em sistemas de tratamento convencionais, sua remoção é fundamental para atenuar o processo de eutrofização de corpos hídricos, entre outros impactos ambientais, quando do lançamento do efluente tratado para fins de diluição. Porém,

quando o mesmo se destina à irrigação, é interessante preservar, principalmente fósforo e nitrogênio, uma vez que esses elementos poderão substituir os fertilizantes químicos.

Diante dos resultados obtidos, o conceito de gestão circular das águas empregado no INSA mostra-se como uma alternativa viável para ser implantada em municípios de pequeno porte (até 10.000 habitantes), já que estes correspondem a 39% dos 1.262 municípios existentes no semiárido brasileiro.

Para tanto, o INSA propõe que os gestores públicos adotem tecnologias de aproveitamento de água de chuva e tratamento de esgoto para usos múltiplos, de forma a promover o conceito da gestão circular de águas no semiárido brasileiro, o que representará a sustentabilidade econômica e social da região, conforme apresentado na Fig. 5.

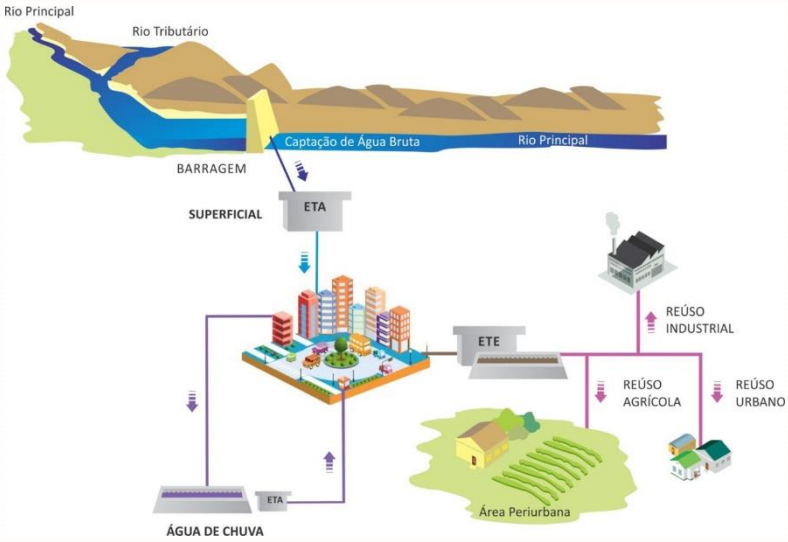


Figura 5 – Proposta de gestão circular de águas para o Semiárido Brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao MCTIC, à FINEP, ao CNPq e à CAPES, pelo incondicional apoio concedido para realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais - GESTA*, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2013.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO – ASA. Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais. Disponível em <http://www.asabrasil.org.br>. Acesso em 20 de agosto. 2017.

APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC, 22TH ed. 2012.

BASTOS, R. K. X.; DORNELAS, F. L.; RIOS, E. N.; RUAS, D. B.; OKANO, W. Y. Dinâmica da qualidade da água e da comunidade planctônica em lagoas de polimento. Estudo de caso no sudeste brasileiro. *Revista AIDIS de Engenharia e Ciências Ambientais*, v. 3, n. 1, p. 97 – 107, 2010.

BUCHAUER, K. A. A. Comparison of two simple titration procedure to determine volatile fatty acids in effluents to wastewater and sludge treatment process. Water SA, v. 1, n. 24, p. 49-56, 1998.

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios. 2.ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2007. 379p.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F.; GALVÍNCIO, J. D. A dinâmica climática do semiárido em Petrolina - PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 1, p. 136-149, 2017.

KHAN, A. A.; GAUR, R. Z.; TYAGI, V. K.; KHURSHEED, A.; LEW, B.; MEHROTRA, I.; KAZMI, A. A. Sustainable options of post treatment of UASB effluent treating sewage: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, p. 1232-1251, 2011.

MEDEIROS, S. S.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, D. B.; BATISTA, R. O.; SANTOS JUNIOR, J. A.; LIMA, R. C. C.; PEREZ-MARIN, A. M. *Esgotamento Sanitário: Panorama para o Semiárido Brasileiro*. 1. ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2014. v. 1. 63p.

METCALF, L.; EDDY, H. P., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. New York, McGraw-Hill, 5th ed., 2008 p., 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 05 - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 430/11. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF, 2011.

MORUZZI, R. B.; SOUSA JUNIOR, W. C.; ARDUINO, J.; JULIO, M. Avaliação do aproveitamento de água pluvial para atendimento de uso não potável no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 1, p. 17-28, 2016.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G.; BARBERA, P. L. Performance analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 62, p. 71-80, 2012.

PASSIG, F. H.; CAMPOS, J. R. Reator anaeróbio híbrido para tratamento de esgoto sanitário. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Mato Grosso do Sul, 2005.

PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F. Avaliação do desempenho físico-químico de um reator UASB construído em escala piloto na remoção de poluentes de efluentes de suinocultura. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 79-88, 2010.

RABELO, U. P.; LIMA NETO, I. E. Efeito de secas prolongadas nos recursos hídricos de uma região semiárida: uma análise comparativa para o Ceará. *Revista DAE*, v. 66, n. 212, p. 61-79, 2018.

ROCHA, J. M.; FALEIRO, G. G. V. F.; MAGALHÃES, J. S. F.; PEREIRA, J. O. Avaliação da retenção de sólidos em inovadora configuração de reator UASB tratando esgoto doméstico. *Revista DAE*, Edição nº: 205, v.65, p. 29-44, 2017.

SANTOS, K.D.; HENRIQUE, I.N.; SOUSA, J.T. DE; LEITE, V.D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. Campina Grande, n. 1, 2006.

SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O. DE; HENRIQUE, I. N.; DANTAS, J.P.; LIMA, S.M.S. Tratamento de Esgotos para Uso na Agricultura do Semiárido Nordestino. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p 260-265, 2005.

VAN HAANDEL, A.C. e LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos: Um manual para regiões de clima quente*. Campina Grande -PB: Epgraf, 1994. 240p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. *Excreta and greywater use in agriculture*. v. IV. Geneva: World Health Organization, 2006.

IMOBILIZAÇÃO CELULAR E SUAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES EM BIOPROCESSOS: UMA REVISÃO

Maria de Fátima Farias Rocha [1]

RESUMO

O presente capítulo apresenta um levantamento bibliográfico a respeito dos suportes e técnicas que podem ser utilizados para a imobilização celular. Dentre os suportes, constatou-se que o alginato de cálcio é amplamente empregado. As técnicas de imobilização ligação a superfície, auto agregação, contenção por barreiras e aprisionamento em matrizes porosas foram descritas. Além disso, foram mostrados exemplos e principais aspectos relacionados às aplicações de células imobilizadas em bioprocessos, como na produção de enzimas, álcoois e biossurfactantes, e em processos de biodegradação. Diante dessa variedade, foi destacada a relevância do aprimoramento da imobilização celular como alternativa em processos biotecnológicos, sobretudo pela possibilidade de potencializar a produção do metabólito de interesse e de reutilizar as células imobilizadas por vários ciclos.

Palavras-chave: Imobilização celular, Suportes, Técnicas de imobilização celular.

INTRODUÇÃO

Um bioprocesso está relacionado a biotransformação de matérias primas em produtos, mediante a utilização de células (animais, vegetais e microbianas) ou enzimas. Para a obtenção desse produto, deve-se adotar uma estratégia de fermentação, que pode incluir o cultivo de células imobilizadas (KOURKOUTAS *et al*., 2004).

A imobilização celular consiste basicamente no confinamento físico das células em uma região do espaço, onde são mantidas suas atividades catalíticas em processos contínuos ou descontínuos, apresentando a possibilidade de reutilização das mesmas (FREEMAN e LILLY, 1998). Além disso, constitui um mecanismo útil para elevar a produção do metabólito de interesse se comparado aos processos utilizando células livres, tornando-o mais atrativo industrialmente, bem como pode ser aplicada na biorremediação ambiental (HO e NGUYEN; 2016; BARLOW *et al*., 2017).

[1] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Tiradentes - UNIT, fatimafarias25@gmail.com

Diante da relevância dessa temática, o objetivo do presente capítulo é a realização de um levantamento bibliográfico com o intuito de abordar os principais aspectos relacionados à imobilização celular, com ênfase nas suas principais aplicações em processos biotecnológicos.

METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas referentes à temática proposta em artigos científicos, de forma a esboçar concisamente conceitos, fundamentos e exemplos de suportes, tratamentos e técnicas que podem ser empregadas para a imobilização celular, bem como as suas possíveis aplicações. Para tal, foi utilizada como principal biblioteca digital o *Google Scholar* (Google Acadêmico), no qual foram pesquisados os seguintes termos (palavras-chave): *cell immobilization*; *supports used for cell immobilization*; *techiniques of cell immobilization.* Além disso, as listas de referências dos artigos encontrados foram analisadas em busca de outros estudos. A seleção dos trabalhos foi realizada com a leitura dos títulos e resumos (em alguns casos, introdução e conclusão), com o intuito de eliminar os que eram irrelevantes para a elaboração da presente revisão. Em seguida, os textos completos dos artigos foram considerados, por meio da identificação e extração de informações importantes. Por fim, esses dados foram sintetizados, resultando no presente capítulo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➢ Suportes

A região do espaço onde ocorre o confinamento físico das células é denominada suporte, e precisa apresentar determinadas características, tais como: não oferecer toxidez às células; resistência ao ataque químico e microbiano; pouca sensibilidade às possíveis solicitações mecânicas; elevada difusividade de substratos e produtos (SCHIMIDELL *et al*., 2001).

Diversos tipos de materiais podem ser utilizados como suporte, a exemplo de polímeros naturais, polímeros sintéticos e materiais inorgânicos. É importante destacar que a depender da finalidade, os suportes podem ser utilizados individualmente ou de forma combinada, introduzindo grupos funcionais que serão responsáveis pela imobilização celular

(KOURKOUTAS *et al*., 2004; SCHIMIDELL *et al*., 2001). Além disso, a sua utilização deve considerar o microrganismo que será empregado no processo.

Dentre os suportes existentes, o alginato de cálcio é comumente utilizado. O alginato é um polissacarídeo constituído por ácido manurônico e ácido gulurônico, sendo um componente importante das algas marrons. Pode ser obtido, além das algas, de fontes bacterianas e, a depender da fonte originária, a proporção entre blocos de ácido manurônico e ácido gulurônico irá variar, fazendo com que suas características (adesão celular e estabilidade final do gel, por exemplo) também variem (PAWAR e EDGAR, 2012; WANG *et al*., 2003).

A formação de géis de alginato ocorre na presença de cátions divalentes, como o cloreto de cálcio, onde as interações entre os blocos de ácido gulurônico formam junções bem seguras. Além desses, os blocos de ácido manurônico também participam, formando junções mais fracas, sendo essa a razão dos alginatos com elevado teor de ácido gulurônico originarem géis mais resistentes (PAWAR e EDGAR, 2012).

Além do cálcio, outros íons divalentes tem afinidade com o alginato, a exemplo do bário, estrôncio e chumbo. No entanto, o cálcio (Ca^{2+}) é frequentemente utilizado a fim de induzir a formação do gel de alginato (PAWAR e EDGAR, 2012). A reação de gelificação do alginato de sódio com cloreto de cálcio é ilustrada na Fig. 1:

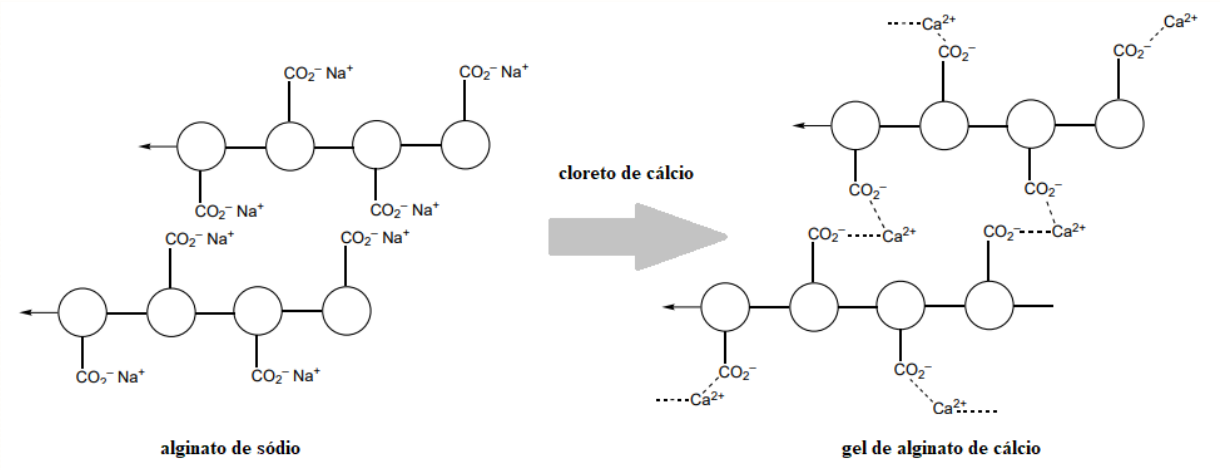


Figura 1 – Reação de gelificação do alginato de sódio na presença de íons de cálcio.
Fonte: Adaptado de ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY.

Como já mencionado, o alginato de sódio é um polímero natural que pode ser extraído de algas marrons. Quando colocado em uma solução com íons de cálcio, esses substituem os

íons de sódio do polímero, na reação de gelificação que também pode ser denominada *cross-linking*, conforme ilustrado anteriormente (PAWAR e EDGAR, 2012).

Inúmeros trabalhos reportam a utilização do alginato como suporte na imobilização de alguns tipos celulares. GEED *et al.* (2018) estudaram os efeitos da transferência de massa externa na biodegradação do inseticida malation em biorreator, utilizando células de *Bacillus* sp. imobilizadas em suporte de alginato.

KUREEL *et al.* (2017) fizeram o comparativo da remoção do benzeno em reator em batelada por células de *Bacillus* sp. imobilizadas em álcool polivinílico (PVA)-alginato, espumas de poliuretano (PUF) e células livres. Os parâmetros importantes do processo foram otimizados e as remoções de benzeno encontradas foram em 70% para as células livres, 84% para as células imobilizadas em PVA-alginato e 90% para as células imobilizadas em PUF.

ADINARAYANA *et al*. (2005) estudaram a imobilização das células de *Bacillus subtilis* em diferentes suportes para a produção de protease alcalina. Dentre esses suportes, utilizaram o alginato de cálcio, k-carragenana, ágar-ágar e poliacrilamida, além de realizarem o procedimento com células livres. Os resultados encontrados mostraram que a utilização do alginato de cálcio como suporte é vantajosa em comparação aos demais, uma vez que se obteve uma maior atividade volumétrica dentro do mesmo processo fermentativo.

É importante ressaltar que o alginato é um suporte amplamente utilizado nesse tipo de processo, sobretudo quando envolve bactérias e leveduras. Além do mencionado anteriormente, ADINARAYANA *et al.* (2005) também observaram que a adaptação das características do suporte de alginato potencializam a operacionalidade do sistema imobilizado, demonstrando que um mesmo suporte preparado na presença de porcentagens distintas de cloreto de cálcio apresenta diferentes estabilidades.

HO e NGUYEN (2016) estudaram a imobilização de *Bacillus subtilis* em alginato-quitosana para a fermentação da enzima natoquinase. Nesse trabalho, seis fatores que afetavam a estabilidade da imobilização foram estudados. Dentre eles, observou-se que a concentração de alginato e a densidade das células influenciavam significativamente. Assim, otimizando esses fatores e mantendo os demais a um nível normal, a eficiência da imobilização chegou a 90,73%, e se teve a possibilidade de reutilizar as células imobilizadas 6 vezes.

Independentemente do tipo de suporte empregado, pode-se propor mecanismos de tratamento com o objetivo de torná-lo mais efetivo para o processo em estudo. GEED *et al*. (2018) e KUREEL *et al*. (2017), por exemplo, propuseram o tratamento do suporte de alginato por meio da adição de ácido bórico e cloreto de cálcio, visando aumentar a estabilidade e força do gel. YAN *et al*. (2012) propuseram a modificação biológica da espiga de milho, utilizada como suporte, por meio da hidrólise da celulose. Esse tratamento modificou a superfície do suporte, tornando-o áspero e poroso, contribuindo assim para a absorção das células.

- **Técnicas de imobilização celular**

Os processos biotecnológicos são favorecidos por técnicas de imobilização celular (Fig. 2), que podem ser agrupadas em quatro grupos a depender do mecanismo físico empregado e que serão explicadas nos tópicos seguintes (KOURKOUTAS *et al*., 2004).

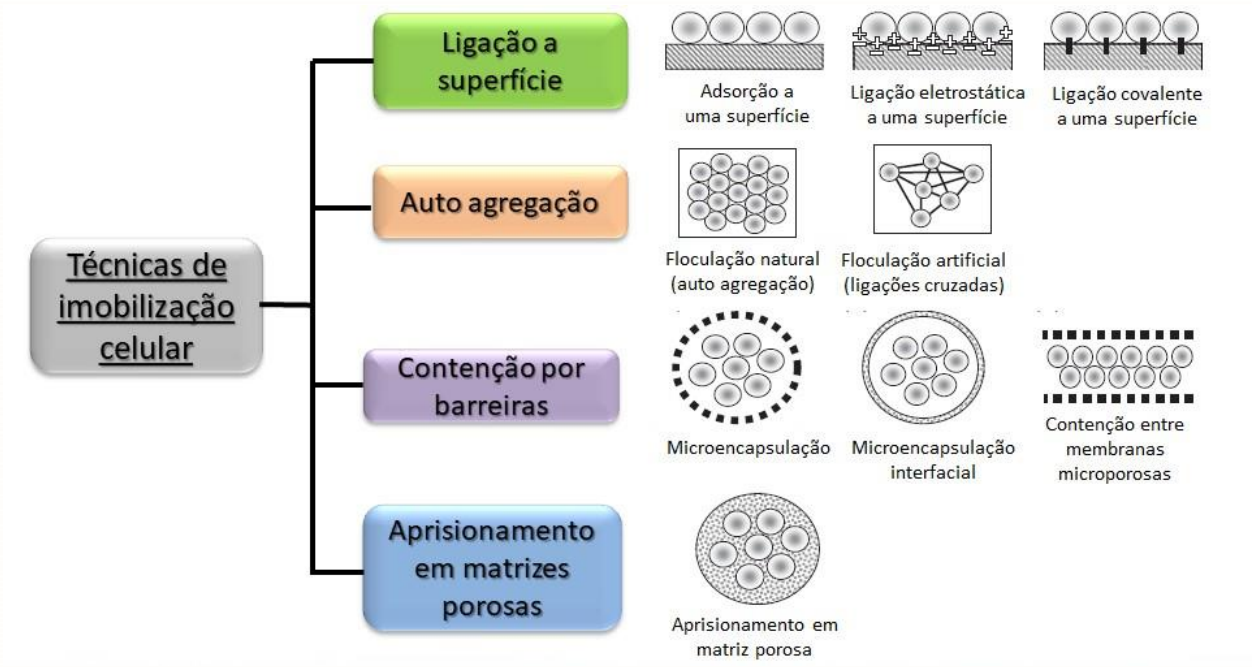


Figura 2 – Técnicas de imobilização celular.
Fonte: Adaptado de KOURKOUTAS *et al*. (2004).

a) Ligação a superfície

A técnica de ligação a superfície consiste na adesão celular ao suporte de imobilização, que ocorre graças as ligações iônicas ou covalentes entre as células e o suporte empregado (KOURKOUTAS *et al*., 2004; ROBLETO-ORTÍZ *et al*., 2011). Esse tipo de imobilização celular pode ser alcançado naturalmente ou induzido artificialmente com o uso de agentes de ligação, a exemplo dos óxidos metálicos, glutaraldeído ou o aminosilano (GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al*., 2015).

É uma técnica amplamente utilizada devido a relativa facilidade de realização, onde pode-se empregar como suporte, por exemplo, materiais celulósicos (madeira e serragem) e materiais inorgânicos (porcelana e vidro poroso) (KOURKOUTAS *et al.*, 2004; YAN *et al*., 2012). Dentre as propriedades desejáveis aos materiais do suporte, destacam-se a alta resistência, elasticidade e porosidade, que levam a uma grande superfície de adsorção e baixo custo comercial (GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al*., 2015).

b) Auto agregação

A técnica de auto agregação, como o próprio nome sugere, consiste na capacidade das células se agregarem a fim de formar uma unidade maior ou a propriedade de células em suspensões para aderir em aglomerados e sedimentos rapidamente, sem que seja necessária a presença de um suporte. Graças aos grandes tamanhos dos aglomerados, essa técnica pode ser empregada em biorreatores projetados para trabalhar com células previamente imobilizadas, no entanto, a ausência do suporte de imobilização traz consigo instabilidade e baixa resistência a tensão de cisalhamento (LUO *et al*., 2016; KOURKOUTAS *et al*., 2004).

A utilização dessa técnica foi reportada no trabalho de YASUDA *et al.* (2003), no qual foi aplicada na biorremediação para tratamento de solo. As células da bactéria *Bacillus subtilis* foram imobilizadas em formação espontânea por auto agregação e posteriormente retidas no solo. De forma geral, outros autores relatam que alguns microrganismos tem a capacidade de formarem agregados com partículas sólidas encontradas naturalmente (nesse caso o solo) e até mesmo favorecerem processos de co-imobilização com outros microrganismos (RUIZ-GÜERECA e SÁNCHEZ-SAAVEDRA, 2015; KOURKOUTAS *et al.*, 2004).

c) Contenção por barreiras

A técnica de contenção por barreiras, também conhecida como contenção em membranas, pode ser obtida pelo uso de filtros de membranas microporosas, aprisionamento de células em microcápsulas ou por imobilização entre a superfície de interação de dois líquidos imiscíveis (KOURKOUTAS *et al*., 2004; BARLOW *et al*., 2017). Embora seja uma técnica que vem sido amplamente estudada, sobretudo pela aplicabilidade para produtos que precisam ser livres de células e quando uma mínima transferência de compostos é requerida, apresenta como desvantagens limitações de transferência de massa e possibilidade de bioincrustação de membrana proveniente do crescimento celular (GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al*., 2015; KOURKOUTAS *et al.*, 2004).

No que diz respeito a transferência de massa, o tamanho e a estrutura dos poros da membrana não são os únicos fatores que interferem, a hidrofobicidade/hidrofilicidade e o tipo do material da membrana também são fatores que influenciam positivamente (GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al.*, 2015).

d) Aprisionamento em matrizes porosas

A técnica de aprisionamento em matrizes porosas consiste na penetração das células em uma matriz porosa até que a sua mobilidade seja obstruída pela presença de outras células ou na formação *in situ* do material poroso em uma cultura de células (KOURKOUTAS *et al*., 2004; GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al.*, 2015).

Nesse método, as células podem ser imobilizadas em uma variedade de materiais macro ou micro porosos, a exemplo de cerâmica, vidro sinterizado e carvão ativado; polímeros naturais, a exemplo de colágeno, ágar e alginato e polímeros sintéticos, a exemplo de acrilamida, poliuretano e polivinil. Assim, a eficácia da imobilização varia de acordo com o tipo de célula e do material utilizado como suporte (GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al*., 2015; ADINARAYANA *et al*., 2005).

Para fins de fermentação, por exemplo, é comum que se realize esse tipo de imobilização em géis de polissacarídeos como k-carragenina, ágar e alginato. No entanto, é necessário ressaltar a limitação de transferência de massa imposta aos processos de imobilização em géis (HO e NGUYEN; 2016; MISHRA *et al*., 2016).

A imobilização de células constitui, independente da técnica empregada, um mecanismo útil para elevar a produção de metabólitos microbianos de interesse, assim como pode ser aplicada em processos de biorremediação ambiental (HO e NGUYEN; 2016; BARLOW *et al.*, 2017; YASUDA *et al.*, 2003). Para isso, tal técnica não deve apresentar efeitos adversos nas propriedades biocatalíticas desejadas, além de ser segura, simples, requerer o menor número de etapas e ingredientes possíveis para o seu preparo, tornando-a aplicável em escala industrial e viável economicamente (KOURKOUTAS *et al.*, 2004; GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al.*, 2015).

- **Caracterizações**

Bioquímica: A determinação das condições bioquímicas as quais as células e o suporte serão submetidas é uma etapa imprescindível quando se trata de imobilização celular, uma vez que a otimização dessas condições aumenta a estabilidade da técnica de imobilização, a possibilidade de reutilização das células e a produtividade do processo (HO e NGUYEN, 2016; MISHRA *et al.*, 2016)

Físico-química: Com o objetivo de confirmar a imobilização celular, verificar os grupos funcionais e acompanhar as reações envolvidas, a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica aplicável, uma vez que pode fornecer informações cruciais a respeito da estrutura molecular dos componentes (KUREEL *et al.*, 2017).

Morfológica: A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma técnica que pode fornecer informações sobre a morfologia das bactérias, comprovar a adesão das células ao suporte empregado na imobilização e verificar os efeitos dos tratamentos aos quais esses suportes podem ser submetidos (ROBLETO-ORTÍZ *et al.*, 2011; YAN *et al.*, 2012).

- **Estabilidade do sistema**

Ao se realizar a imobilização celular, é desejável que o sistema apresente maior estabilidade quando submetido a diversas condições de temperatura, pH, solventes (que podem ser empregados para a recuperação do metabólito de interesse, por exemplo), bem como a possibilidade de reutilizar as células imobilizadas por vários ciclos, tornando-o viável

economicamente e possivelmente aplicável em escala industrial (KOURKOUTAS *et al*., 2004; GUNGORMUSLER-YILMAZ *et al*., 2016; CHEN *et al*., 2007).

- **Aplicações de células imobilizadas em bioprocessos**

A realização de processos utilizando células imobilizadas tem sido alvo de diversos estudos no ramo da biotecnologia, sobretudo pela possibilidade de elevar a produção dos metabólitos microbianos de interesse e de reutilizar as células por vários ciclos. Dentre os processos, pode-se citar como exemplo a produção de enzimas, álcoois e biossurfactantes, além da aplicação em processos de biodegradação (Tabela 1).

Tabela 1 – Aplicações de microrganismos imobilizados, técnicas e suportes empregados.

Processo	Microrganismo	Técnica de imobilização	Suporte	Referências
Produção de enzimas	*Bacillus subtilis*	Aprisionamento	Alginato-quitosana	HO e NGUYEN (2016)
	Bacillus subtilis	Aprisionamento	Alginato de cálcio	ADINARAYANA *et al*. (2005)
Produção de álcoois	*Saccharomyces cerevisiae*	Ligação a superfície	Espiga de milho	YAN *et al.* (2012)
	Saccharomyces cerevisiae	Aprisionamento	Alginato de cálcio	MISHRA *et al*. (2016)
Produção de biossurfactantes	*Bacillus subtilis*	Ligação a superfície	Toalha de algodão	YI *et al.* (2017)
Biodegradação	*Bacillus subtilis*	Contenção por barreiras	Polietilenoglicol-poliácido lático	BARLOW *et al.* (2017)
	Bacillus sp	Contenção por barreiras	PVA-alginato	GEED *et al.* (2018)
	Bacillus sp	Contenção por barreiras	PVA-alginato e PUF	KUREEL *et al.* (2017)
	Pseudomonas putida	Ligação a superfície	Fibra de agave-	ROBLETO-ORTÍZ *et al.*

	espuma de polímero	(2011)

*PVA: álcool polivinílico; PUF: fibra de poliuretano

A seguir, os trabalhos mencionados na Tabela 1 são apresentados de forma resumida, dando ênfase aos principais aspectos observados.

a) Produção de enzimas

A nattokinase é uma potente enzima fibrinolítica com potencial para combater doenças cardiovasculares. Devido a sua importância em aplicações médicas, HO e NGUYEN (2016) estudaram a fermentação de tal enzima, utilizando células imobilizadas da bactéria *Bacillus subtilis* em suporte combinado de alginato-quitosana. Nesse trabalho, foram avaliados seis fatores que afetavam a estabilidade da imobilização: concentração de alginato, concentração de quitosana, pH, concentração de cloreto de cálcio (utilizado para tratamento), densidade celular adicionada e tempo de agitação. Dentre eles, foi observado que a concentração de alginato e a densidade das células influenciavam significativamente. Assim, otimizando esses fatores e mantendo os demais a um nível normal, obteve-se uma eficiência de imobilização de 90,73%, além da reutilização das células imobilizadas por 6 ciclos, sem a ocorrência de mudança na atividade enzimática da nattokinase.

ADINARAYANA *et al*. (2005) também estudaram a imobilização das células de *Bacillus subtilis*, dessa vez para a produção da protease alcalina, enzima que pode ser utilizada em diversas indústrias, a exemplo da alimentícia e farmacêutica. Dentre os suportes existentes, utilizaram o alginato de cálcio, k-carragenana, ágar-ágar e poliacrilamida, além de realizarem o procedimento com células livres. Os resultados encontrados mostraram que a utilização do alginato de cálcio como suporte foi vantajosa em comparação aos demais, uma vez que se obteve uma maior atividade volumétrica dentro do mesmo processo fermentativo. É importante ressaltar que o alginato é um suporte amplamente utilizado nesse tipo de processo, sobretudo quando envolve bactérias e leveduras. Além do mencionado anteriormente, ADINARAYANA *et al.* (2005) também observaram que a adaptação das características do suporte de alginato potencializam a operacionalidade do sistema imobilizado, demonstrando que um mesmo suporte preparado na presença de porcentagens distintas de cloreto de cálcio apresenta diferentes estabilidades.

b) Produção de álcoois

No estudo realizado por YAN *et al.* (2012), verificou-se a imobilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae* em espiga de milho para a produção de etanol. Na etapa de estabilidade da técnica de imobilização, foi realizada a modificação biológica do suporte por hidrólise da celulose, o que aumentou a concentração de células imobilizadas e rompeu a superfície lisa do suporte, tornando-o mais áspero e poroso, obtendo-se por fim um aumento de eficiência catalítica para a produção do álcool. Além disso, as células imobilizadas da levedura foram utilizadas por 14 ciclos fermentativos sem perder a eficiência catalítica.

MISHRA *et al*. (2016) estudaram a imobilização de *Saccharomyces cerevisiae* em alginato de cálcio. Além disso, foi verificado o efeito da temperatura na estabilidade da imobilização em três temperaturas (30, 35 e 40ºC), testadas em termos de concentração de glicose e produção de etanol. Os resultados mostraram que o aumento da temperatura causava um aumento na desintegração após cada ciclo fermentativo, ou seja, em temperaturas mais altas o desempenho da levedura imobilizada diminuiu significativamente.

c) Produção de biossurfactantes

No trabalho realizado por YI *et al.* (2017) destacou-se a utilização das células imobilizadas de *Bacillus subtilis* em ambos os lados de uma toalha de algodão, fixada no eixo vertical dos defletores do biorreator. Foi observado que a utilização de células imobilizadas na fermentação triplicou a produção do biossurfactante (surfactina) se comparada ao valor obtido utilizando células livres. Pôde-se notar que as células imobilizadas apresentaram estabilidade operacional, sendo eficientemente reutilizadas por 7 ciclos. Além disso, o processo desse estudo foi realizado em dois estágios de pH, isto é, nas primeiras 6 horas foi mantido um pH de 5,0 ± 0,1, enquanto que nas 18 horas seguintes foi mantido um pH de 7,5 ± 0,1, totalizando 24 horas de fermentação. Isso porque nas primeiras horas desejava-se obter um acúmulo da biomassa no biorreator, sendo necessário inibir a produção da surfactina. Posteriormente, o aumento do pH possibilitou um melhor desempenho de produção. Em ambos os valores de pH, as células imobilizadas de *Bacillus subtilis* apresentaram estabilidade.

d) Processos de biodegradação

A aplicação da imobilização celular foi reportada no trabalho de BARLOW *et al.* (2017), que trata da microencapsulação de *Bacillus subtilis* em uma membrana semipermeável composta de polietilenoglicol e poliácido láctico para a remediação do selênio, onde obteve-se um elevado potencial em reduzir a contaminação ambiental proveniente do mesmo. GEED *et al.* (2018) estudaram os efeitos da transferência de massa externa na biodegradação do inseticida malathion em biorreator, utilizando células de *Bacillus* sp. imobilizadas em suporte de alginato.

KUREEL *et al.* (2017) fizeram o comparativo da remoção do benzeno em reator em batelada por células de *Bacillus* sp. imobilizadas em álcool polivinílico (PVA)-alginato, espumas de poliuretano (PUF) e células livres. Os parâmetros importantes do processo foram otimizados e as remoções de benzeno encontradas foram em 70% para as células livres, 84% para as células imobilizadas em PVA-alginato e 90% para as células imobilizadas em PUF.

O estudo realizado por ROBLETO-ORTÍZ *et al.* (2011) tinha como objetivo a degradação do benzeno, tolueno e xileno (BTX), utilizando células imobilizadas da bactéria *Pseudomonas putida* em fibra de agave-espuma de polímero. Com o intuito de confirmar a imobilização celular, verificar os grupos funcionais e acompanhar as reações envolvidas, a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) foi empregada em conjunto com a reflexão total atenuada (ATR), obtendo-se principalmente informações referentes aos grupos funcionais relacionados a imobilização do microrganismo no suporte composto. Além disso, para verificar a adesão de células a superfície composta e a formação do biofilme, foi empregada a microscopia eletrônica de varredura (MEV), onde pôde-se perceber que a adesão bacteriana foi favorecida pelo espumado, que ofereceu uma superfície rugosa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento bibliográfico proporcionou o conhecimento do mecanismo de imobilização celular, ou seja, os suportes que podem ser empregados para esse fim, tratamentos aos quais esses suportes podem ser submetidos e técnicas existentes. Além disso, pôde-se também enfatizar a relevância da imobilização celular, uma vez que alguns trabalhos reportaram que a utilização de células imobilizadas, se comparadas as células livres,

possibilitaram um incremento de produção do metabólito de interesse, bem como potencializaram os processos de biodegradação.

No que diz respeito aos processos fermentativos, células imobilizadas podem ser empregadas para diversos fins, como a produção de enzimas, álcoois e biossurfactantes, e diferentes materiais podem ser empregados como suportes, a exemplo do alginato, espiga de milho e toalha de algodão. Logo, diante da variedade de aplicações, é fundamental o aprimoramento de técnicas e tratamentos que possibilitem a utilização de células imobilizadas em escala industrial.

REFERÊNCIAS

ADINARAYANA, K.; JYOTHI, B.; ELLAIAH, P. **Production of alkaline protease with immobilized cells of *Bacillus subtilis* PE-11 in various matrices by entrapment technique**. AAPS PharmSciTech, v. 6, n. 3, p. 391-397, 2005.

BARLOW, J.; GOZZI, K.; KELLEY, C. P.; GEILICH, B. M.; WEBSTER, T. J.; CHAI, Y.; SRIDHAR, S.; VEN, A. L. V. **High throughput microencapsulation of *Bacillus subtilis* in semi-permeable biodegradable polymersomes for selenium remediation**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 101, n. 1, p. 455–464, 2017.

FREEMAN, A.; LILLY, M. D. **Effect of processing parameters on the feasibility and operational stability of immobilized viable microbial cells**. Enzyme and Microbial Technology, v. 23, n. 5, p. 335–345, 1998.

GEED, S. R.; KUREEL, M. K.; PRASAD, S.; SINGH, R. S.; RAI, B. N. **Novel study on biodegradation of malathion and investigation of mass transfer correlation using alginate beads immobilized *Bacillus* sp. S4 in bioreactor**. Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 6, n. 2, p. 3444–3450, 2018.

GUNGORMUSLER-YILMAZ, M.; CICEK, N.; LEVIN, D. B.; AZBAR, N. **Cell immobilization for microbial production of 1,3-propanediol**. Critical Reviews in Biotechnology, v. 36, n. 3, p. 482–494, 2015.

HO, H. T.; NGUYEN, H. T. **Optimization of *Bacillus Subtilis* Natto Immobilization Process on Alginate – Chitosan Complex and Its Application for Nattokinase**

Fermentation. International Journal of Pharmaceutical Science Invention, v. 5., n. 3, p. 25–30, 2016.

KOURKOUTAS, Y.; BEKATOROU, A.; BANAT, I. M.; MARCHANT, R.; KOUTINAS, A. A. **Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: A review**. Food Microbiology, v. 21, n. 4, p. 377–397, 2004.

KUREEL, M. K.; GEED, S. R.; GIRI, B. S.; RAI, B. N.; SINGH, R. S. **Biodegradation and kinetic study of benzene in bioreactor packed with PUF and alginate beads and immobilized with *Bacillus* sp.-M3**. Bioresource Technology, v. 242, p. 92–100, 2017.

LUO, S.; WU, X.; ZHU, Y.; LI, X.; JIANG, S.; ZHENG, Z. **Fermentative intensity of L-lactic acid production using self-immobilized pelletized *Rhizopus oryzae***. African Journal of Biotechnology, v. 15, n. 21, p. 974–979, 2016.

MISHRA, A.; SHARMA, A. K.; SHARMA, S.; BAGAI, R.; MATHUR, A. S.; GUPTA, R. P.; TULI, D. K. **Lignocellulosic ethanol production employing immobilized *Saccharomyces cerevisiae* in packed bed reactor**. Renewable Energy, v. 98, p. 57–63, 2016.

PAWAR, S. N.; EDGAR, K. J. **Alginate derivatization: A review of chemistry, properties and applications**. Biomaterials, v. 33, n. 11, p. 3279–3305, 2012.

ROBLEDO-ORTÍZ, J. R.; RAMÍREZ-ARREOLA, D. E.; PÉREZ-FONSECA, A. A.; GÓMEZ, C.; GONZÁLEZ-REYNOSO, O.; RAMOS-QUIRARTE, J.; GÓNZALEZ-NÚÑEZ, R. **Benzene, toluene, and o-xylene degradation by free and immobilized *P. putida* F1 of postconsumer agave-fiber/polymer foamed composites**. International Biodeterioration and Biodegradation, v. 65, n. 3, p. 539–546, 2011.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY (RSC). **Cross-linking polymers - alginate worms**, disponível em http://www.rsc.org/Education/Teachers/Resources/Inspirational/resources/3.1.9.pdf, consultado em 18/08/2018.

RUIZ-GÜERECA, D. A.; SÁNCHEZ-SAAVEDRA, M. P. **Growth and phosphorus removal by *Synechococcus elongatus***. Journal of Applied Phycology, v. 28, n. 3, p. 1501-1507, 2015.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia industrial - Volume 2**. 1 Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

WANG, L.; SHELTON, R. M.; COOPER, P. R.; LAWSON, M.; TRIFFITT, J. T.; BARRALET, J. E. **Evaluation of sodium alginate for bone marrow cell tissue engineering**. Biomaterials, v. 24, n. 20, p. 3475–3481, 2003.

YAN, S.; CHEN, X.; WU, J.; WANG, P. **Ethanol production from concentrated food waste hydrolysates with yeast cells immobilized on corn stalk**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 94, n. 3, p. 829–838, 2012.

YASUDA, T.; KATOH, S.; INOUE, Y.; SHIOMI, N. **A bioremediation method based on self immobilization of cells in shallow layer of soil**. Journal Chemical Engineering of Japan, v. 36, n. 2, p. 216-219, 2003.

YI, G.; LIU, Q.; LIN, J.; WANG, W.; HUANG, H.; LI, S. **Repeated batch fermentation for surfactin production with immobilized *Bacillus subtilis* BS-37: Two-stage pH control and foam fractionation**, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 92, p. 530-535, 2017.

INOVAÇÃO E PATENTES NO BRASIL: UMA ABORDAGEM COM ENFOQUE NO SETOR FARMACÊUTICO

Yanna Carolina Ferreira Teles[1]
Diégina Araújo Fernandes[2]
Milen Maria Magalhães de Souza Fernandes[3]

RESUMO

A patente é o instrumento legal típico da propriedade industrial que garante ao seu detentor o direito de impedir concorrentes de explorar economicamente sua invenção por um tempo determinado. No Brasil, o órgão responsável por avaliar pedidos e emitir cartas-patente é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). No setor farmacêutico, as patentes são foco de uma série de questionamentos, pois podem resultar em situações de abuso de poder econômico por parte de indústrias farmacêuticas. Diante da relevância econômica e dos aspectos polêmicos, este trabalho visa realizar uma análise da conjuntura atual da inovação e da concessão de patentes no setor farmacêutico do país. Foi realizado um levantamento de dados referentes à publicação de patentes no Brasil, com enfoque no setor farmacêutico, utilizando a plataforma especializada de busca de patentes Orbit Inteligence. Visando embasar a discussão dos dados, realizou-se um levantamento bibliográfico, sendo selecionados artigos científicos ou textos obtidos em diferentes bases de dados. A partir da pesquisa foi possível apresentar dados atuais sobre os domínios tecnológicos mais relevantes no Brasil bem como sobre os depósitos de patentes no setor farmacêutico. Foram discutidos aspectos básicos da Lei de Propriedade Industrial brasileira, o papel do INPI e Anvisa como agência regulatória adicional na concessão de patentes no setor farmacêutico. Foi possível verificar a importância do sistema de patentes para estimular o investimento no setor farmacêutico, bem como a relevância da licença compulsória prevista em lei como forma de prevenir casos de abuso econômico por parte de indústrias farmacêuticas.

Palavras-chave: Inovação tecnológica, Propriedade Industrial, Indústria Farmacêutica.

INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica é considerada por diversos autores uma importante força motriz do sistema capitalista, cuja estrutura econômica baseia-se no surgimento constante de novas tecnologias, empresas ou produtos, que passam a substituir os antigos. Apesar de possuir destaque na atualidade, o tema “inovação” é, por diversas vezes, tratado de forma

[1] Professora do Departamentode Química e Física, Universidade Federal da Paraíba; yanna@cca.ufpb.br;
[2] Doutoranda em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos, Universidade Federal da Paraíba, dieginafernandes@gmail.com.
[3] Professora do curso de farmácia da Faculdade de Enfermagem Nova Esperança- FACENE, milenfarmacia@gmail.com.

abrangente e difusa tornando o termo inespecífico e de difícil conceituação (FERNANDEZ, 2007; CUNHA & MÁRIO, 2018).

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), trata como "atividades de inovação tecnológica" o conjunto de ações científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais, que se destinam à elaboração de produtos e processos tecnologicamente novos e melhores (CONDE & ARAÚJO-JORGE, 2003). A inovação tecnológica está, portanto, relacionada a atos de desenvolvimento de novo produto ou processo, com utilidade e características que sejam diferentes das já existentes. Além disso, a inovação pode estar relacionada à agregação de novas funcionalidades ou usos a determinados produtos ou processos, de forma que as características agregadas garantam melhorias efetivas de qualidade ou produtividade (LOPES & BEUREN, 2016).

Para estimular as empresas e indústrias a desenvolverem atividades de pesquisa e investimento em inovação tecnológica, visando a produção de novos produtos, processos ou novas funcionalidades, foi criada a Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005, conhecida como Lei do Bem, que visa garantir subsídios fiscais na dedução da soma dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica (BRASIL, 2005).

Atos inovadores, na forma de criação de novos/melhorados produtos ou processos, são necessários em todos os setores de mercado, resultando em maior desenvolvimento tecnológico e competitividade. Obviamente, as indústrias e empresas inovadoras precisam investir capital em pesquisa e desenvolvimento. A depender do setor, como é o caso da indústria farmacêutica, esse investimento pode ultrapassar milhões de dólares investidos durante uma década ou mais até se obter um produto inovador. Este fato, aliado à relativa facilidade de produção de imitações (cópias) em alguns setores, poderia levar a uma diminuição progressiva dos investimentos em inovação, gerando a necessidade de um sistema de proteção de ideias inovadoras e dos produtos criados a partir delas para garantir o retorno financeiro aos investidores (ZITTEI, 2016).

Tendo em vista, portanto, o custo elevado da inovação tecnológica em muitos setores, e como instrumento para se incentivar os investimentos em produção de conhecimento e inovação, foram criadas leis que garantem os direitos de propriedade industrial (ARAÚJO et al., 2008).

A propriedade industrial está inserida num conceito mais abrangente: a propriedade intelectual. Esta última configura-se como um sistema que visa a proteção de obras da criação humana, garantindo aos criadores o direito de propriedade das suas criações. A propriedade

intelectual é considerada mais ampla, pois engloba tanto as criações tecnológicas, com utilidade industrial, mas também as criações artísticas, culturais e que não possuem aplicabilidade industrial. A propriedade industrial, por sua vez, protege os produtos e os ativos intangíveis frutos da criação humana, que estão voltados ao mercado, à exploração comercial e à produção industrial (DI BLASI, 2005; ARAUJO et al., 2010).

A patente é o instrumento legal típico da propriedade industrial que visa garantir o direito exclusivo de exploração econômica de uma invenção. A partir da obtenção de uma patente a empresa ou indústria que investiu na inovação tem o direito de impedir concorrentes de explorar economicamente sua invenção por um tempo determinado (BRASIL, 1996).

No Brasil, o órgão responsável por avaliar pedidos, emitir pareceres, efetuar registros e emitir cartas-patentes é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), uma autarquia federal criada pela Lei nº 5.648, de 11 de dezembro de 1970. As atribuições do INPI foram posteriormente regulamentadas no artigo 2º da Lei nº 9.279, de 1998, segundo a qual o "*INPI tem por finalidade principal executar, no âmbito nacional, as normas que regulam a propriedade industrial, tendo em vista a sua função social, econômica, jurídica e técnica, bem como pronunciar-se quanto à conveniência de assinatura, ratificação e denúncia de convenções, tratados, convênios e acordos sobre propriedade industrial*" (BRASIL, 1970).

Quando consideramos o contexto do setor farmacêutico, o referido "direito exclusivo de exploração econômica de uma invenção" torna-se o grande foco de uma série de questionamentos, que passam principalmente pela inexistência de concorrência na produção de determinado medicamento durante a vigência da patente. Este fato pode resultar em situações de abuso de poder econômico por parte de indústrias farmacêuticas, levando ao aumento excessivo do preço de medicamentos sob proteção patentária (TEIXEIRA, 2014).

A polêmica existente no que tange as patentes no setor farmacêutico é especialmente relevante no Brasil, país que conta com uma Constituição Federal que, no seu Artigo 196, reconhece a saúde como sendo um direito de todos e dever do Estado. Portanto, o acesso aos medicamentos deve ser garantido a todos os cidadãos, independentemente da sua renda (BRASIL, 1988).

As patentes do setor farmacêutico tem enfrentado uma etapa adicional no longo processo de avaliação e concessão da carta-patente. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) passou a ser a responsável por a avaliar os pedidos de patente e a conceder uma anuência prévia ao pedido. Somente a partir da anuência da Anvisa, os processos de

depósito de patente seguem para o exame de mérito e de critérios de patenteabilidade realizados pelo INPI (TOJAL & PESSOA, 2008).

Diante de aspectos peculiares e polêmicos que envolvem a concessão de patentes no setor farmacêutico, um dos setores que mais investe em inovação no Brasil, este trabalho visa realizar uma reflexão sobre a concessão de patentes no setor farmacêutico do país. Serão abordados aspectos básicos da Lei de Propriedade Industrial brasileira, as patentes na indústria farmacêutica com apresentação de dados atuais do setor e o papel do INPI e da Anvisa como agência regulatória adicional na concessão de patentes no setor farmacêutico.

METODOLOGIA

No presente estudo, foi realizado um levantamento de dados referentes à publicação de patentes no Brasil, com enfoque no setor farmacêutico. Para tanto, foi utilizada a plataforma especializada de busca de patentes Orbit Inteligence. Visando embasar a discussão dos dados de patentes no Brasil, realizou-se um levantamento bibliográfico utilizando os termos “PROPRIEDADE INDUSTRIAL”, “PATENTES” e “INDÚSTRIA FARMACÊUTICA”. A revisão bibliográfica foi desenvolvida com base na análise de artigos científicos ou textos obtidos nas bases de dados Scientific Eletronic Library Online (SciELO), portal CAPES e Google Acadêmico. Artigos e revisões publicados entre os anos 2005 e 2019, em português ou inglês, bem como as legislações pertinentes aos assuntos abordados foram considerados para compor a literatura utilizada para embasar as reflexões apresentadas no presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Noções de propriedade intelectual e industrial

Os direitos de propriedade intelectual passaram por grandes mudanças na década de 1990, com a assinatura do Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS), que estabeleceu parâmetros mínimos de proteção, enrijecendo ainda mais o sistema de propriedade intelectual. Em 1994, teve sua gradual internalização pelos países membros da Organização Mundial do Comércio (OMC) (MEINERS, 2008; POLÔNIO, 2006).

A garantia do direito à propriedade intelectual tem a função de incentivar o avanço criativo, artístico e tecnológico, sendo o aparato legal existente que funciona como um sistema de reconhecimento de autoria e garantia de recompensa. Esse incentivo é necessário para estimular o desenvolvimento, a criatividade e o sistema de inovação (CAMPOS & DENIG, 2011).

Segundo a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), a propriedade intelectual é a soma dos direitos relativos às obras literárias, artísticas, científicas e tecnológicas (Fig. 1), concedendo ao inventor o direito de apropriação sobre suas criações, abrangendo não somente a área da propriedade industrial, mas também os direitos do autor e demais direitos decorrentes do desenvolvimento de bens imateriais (SANTOS, 2014; BAGNATO et al., 2016).

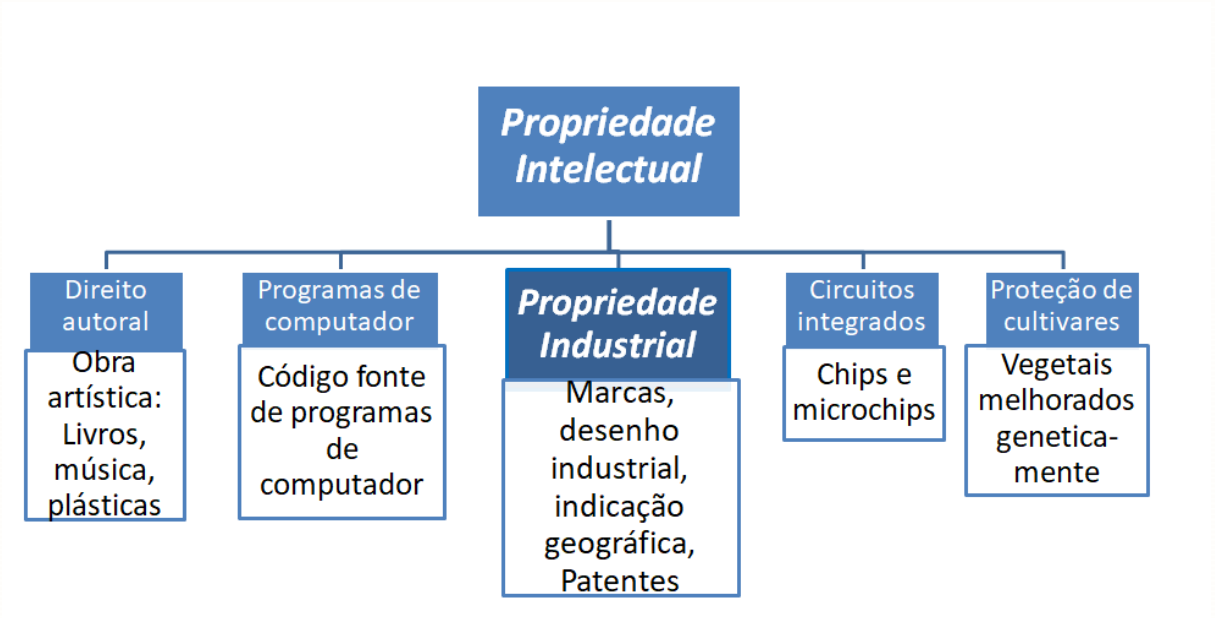


Figura 1. Os diversos ramos da propriedade intelectual. Fonte: Autoria própria.

O termo patente surgiu na Convenção de Paris (CUP) em 1883, como um acordo entre o inventor e a sociedade, com o objetivo de adotar um sistema de diretrizes internacionais de proteção uniforme, fornecendo um monopólio temporário para exploração de uma invenção ou de um modelo de utilidade, concedido de forma legal pelo Estado, se atendidos os requisitos, a quem requereu a proteção por meio do depósito do pedido (SIQUEIRA & ALVES, 2016).

A partir da obtenção de uma patente a empresa ou indústria detentora da patente tem o direito de impedir terceiros de explorar economicamente sua invenção por um tempo determinado (BRASIL, 1996).

A legislação nacional prevê dois tipos de patentes: as *patentes de invenção,* concedidas quando um produto ou processo novo leva a um desenvolvimento suficiente em relação ao estado da técnica anterior. As patentes do tipo *modelo de utilidade* são concedidas para produtos que sofreram alguma modificação que resulta em melhoria funcional de seu uso ou fabricação, facilitando a atividade humana, e/ou melhorando sua eficiência. No Brasil o período de proteção é maior para a patente da invenção, sendo 20 anos a partir do depósito ou 10 anos após a concessão, o que for mais vantajoso para o titular. Já para as patentes do tipo modelo de utilidade o tempo de proteção é de 15 anos contados a partir do depósito ou 07 anos a partir da concessão (BRASIL, 1996).

A patente na área farmacêutica pode ser concedida sobre um processo de fabricação, uma nova fórmula, uma composição ou combinação de substâncias, etc. Para sua concessão é necessário observar as condições básicas de atividade inventiva, novidade e aplicabilidade industrial. Seu objetivo é incentivar o desenvolvimento tecnológico com o consequente desenvolvimento do país (SIQUEIRA & ALVES, 2016).

O desenvolvimento de medicamentos e as patentes no setor farmacêutico

O desenvolvimento de novos produtos pela indústria farmacêutica segue uma sequência de eventos determinados para a comercialização final do produto com elevado sucesso. A necessidade de esforços destinados a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) é a parte primordial para o processo de inovação necessário para o desenvolvimento de patentes relacionadas a novos fármacos e produtos farmacêuticos que proporcionem alta lucratividade Quando um novo produto é lançado e passa a ser comercializado o custo elevado de P&D é o resultado de um longo espaço de tempo dedicado ao desenvolvimento de um novo

medicamento, com custos gerais médios de até US$ 1,38 bilhões. Durante o desenvolvimento de um novo composto pode-se transcorrer 13 anos até a formulação farmacêutica final chegar ao mercado consumidor. Dados estatísticos revelam que a cada 10.000 moléculas utilizadas nos estágios iniciais da pesquisa apenas uma consegue chegar à fase de comercialização (AKKARI et al, 2016).

O desenvolvimento segue um fluxo conhecido que engloba o candidato a ser um novo medicamento, o mesmo deve seguir para os testes pré-clínicos laboratoriais (*in vitro*) e em animais (*in vivo*), com objetivo de determinar se ele é seguro para ser testado em humanos. Os dados de pesquisa são apresentados aos órgãos regulatórios e a comitês de ética em pesquisa, que deliberam se o novo medicamento pode ser testado em pessoas. O fluxo é a sequência de estudos de Fase I, II, III e IV (INTERFARMA, 2015).

Muito se explana sobre o que faz com que o investimento em P&D seja válido, então cada etapa deve ser analisada e relacionada ao contexto de mercado o qual a indústria está inserida, envolvendo múltiplas perspectivas, procurando abranger os pacientes, a indústria, o governo, agências reguladoras, entre outros agentes envolvidos em todo o processo. O valor inovador de um fármaco não é simplesmente uma propriedade pertencente a esse novo composto, mas também dependente do contexto específico em que o medicamento é introduzido e a disponibilidade de outros medicamentos para tratar a mesma condição patológica, preventiva ou para fins de diagnóstico (AKKARI et al.,2016; VALE et al., 2015).

No setor farmacêutico, o estímulo à P&D por meio das patentes é considerado determinante para que as indústrias continuem buscando novas invenções, tratamentos e garantias de adequada aplicação dos medicamentos destinados ao consumo humano (TOJAL & PESSOA, 2008; LONDE et al., 2006).

A principal razão para patentear uma invenção é a intenção de gerar capital através da exclusividade da sua exploração. Considerando que o custo de desenvolver e introduzir um novo fármaco no mercado pode atingir escalas de bilhões de dólares, acrescido do risco que está associado ao insucesso no processo e considerando os longos períodos de duração dos projetos de P&D, é compreensível que nenhuma empresa esteja disposta a tornar pública a sua invenção sem garantias dos retornos adequados (MORGADO, 2015).

A concessão de patentes para medicamentos no Brasil foi iniciada apenas na década de 90, com a promulgação da Lei nº. 9.279/96 (Lei da Propriedade Industrial – LPI). A legislação anterior, mais especificamente o Código da Propriedade Industrial (Lei nº. 5.772/71), considerava matéria não patenteável os medicamentos e produtos químico-

farmacêuticos, bem como seus processos de obtenção. A proteção patentária das tecnologias farmacêutica foi vedada por mais de 25 anos. O objetivo da lei era desenvolver e proteger a indústria farmacêutica nacional, não permitindo o depósito de patentes, que de fato é majoritariamente realizado por grandes empresas multinacionais (ROBINE, 2008).

É interessante observarmos que o objetivo da vedação às patentes farmacêuticas não foi alcançado. Pelo contrário, a indústria nacional que tradicionalmente não é grande investidora em pesquisa, desenvolvimento e inovação, se viu desmotivada à investir no desenvolvimento de novos medicamentos, uma vez que não possuía garantias legais de retorno do capital investido. A possibilidade do patenteamento de medicamentos fez com que o número de depósitos de patentes crescesse rapidamente após a promulgação da LPI nº. 9.279/96 (SIQUEIRA & ALVES, 2016).

Dentro deste contexto foi criado o sistema "*pipeline*" permitindo o depósito de patentes cujo objetivo não tivesse sido colocado em nenhum mercado ou que terceiros não tivessem realizados esforços para sua exploração no Brasil, com privilégios válidos pelo período remanescente da patente concedida no país de origem, não excedendo vinte anos (PEREIRA, 2011).

A expressão "*patente pipeline*" foi criada para denominar situações de proteção industrial para produtos que a lei anterior não permitia patentes, como é o caso dos medicamentos. Trata-se de um instrumento que possibilitava o depósito junto ao Instituto de Propriedade Industrial (INPI) de pedidos de patentes que não tinham sido feitos ou tinham sido feitos e negados ou, ainda, que tinham sido depositados somente no exterior, requerendo agora o pedido ou a conversão do pedido em patente pipeline ou a revalidação, respectivamente. As "*patente pipeline*" foram alvo de muitos questionamentos no Brasil (TEIXEIRA, 2014).

De fato, as patentes de medicamentos continuam a ser um tema polêmico no Brasil. O direito exclusivo de exploração econômica de uma invenção torna-se o grande foco de uma série de questionamentos, que passam principalmente pela inexistência de concorrência na produção de determinado medicamento durante a vigência da proteção patentária. Este fato pode resultar em situações de abuso de poder econômico por parte de indústrias farmacêuticas, que poderiam exercer um aumento excessivo do preço de medicamentos sob proteção patentária (TEIXEIRA, 2014).

A polêmica existente no que tange as patentes no setor farmacêutico é especialmente relevante no Brasil, país que conta com uma Constituição Federal que, no seu Artigo 196,

reconhece a saúde como sendo um direito de todos e dever do Estado. Portanto, o acesso aos medicamentos deve ser garantido a todos os cidadãos (BRASIL, 1988).

Os altos preços de medicamentos patenteados teriam uma repercussão desastrosa nos custos da saúde pública do país. Com intuito de prevenir situações como esta, a LPI nº. 9.279/96 prevê a possibilidade de licenciamento compulsório de patentes, conhecido como "quebra de patentes". Este tipo de licença pode ser solicitado pelo governo do país, intervindo sobre o monopólio da exploração comercial, sendo uma ferramenta legal de defesa contra eventuais abusos exercidos pelo detentor de uma patente. Com o licenciamento compulsório fica temporariamente suspenso o direito do titular de uma patente, sendo permitido, ainda que sem a autorização do titular, a produção e venda ou importação do item patenteado. O licenciamento compulsório pode ser realizado em casos de abuso do poder econômico, falta de exploração comercial, emergência nacional ou em casos de interesse público. Desta feita, ficam protegidos o Estado e o consumidor (SIQUEIRA & ALVES, 2016).

Atribuições do INPI e da Anvisa na concessão de patentes farmacêuticas

Criado pela Lei nº 5648, de 11 de dezembro de 1970, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é a autarquia federal responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria. Entre os serviços do INPI, estão os registros de marcas, desenhos industriais, indicações geográficas, programas de computador e topografias de circuitos, as concessões de patentes e as averbações de contratos de franquia e das distintas modalidades de transferência de tecnologia (LONDE et al., 2006; MENDES et al., 2014). Na estrutura da Administração Pública, o INPI está vinculado ao Ministério da Economia, conforme Decreto nº 9.660, de 1º de janeiro de 2019.

O INPI fornece a garantia de exclusividade na exploração comercial de uma determinada criação pela concessão de um documento nomeado de "*carta patente*". O privilégio do inventor é o seu direito, enquanto a carta patente é o seu documento jurídico. Para ter acesso a essa proteção, é necessário demonstrar que o trabalho realmente se trata de um invento. O setor responsável por essa área é a diretoria de patentes. O INPI conta com setores técnicos específicos que realizará as análises formal e técnica para avaliar a existência dos três requisitos que devem estar juntamente presentes em um pedido de patente, sendo eles: atividade inventiva, aplicação industrial e novidade (SIQUEIRA & ALVES, 2016).

Ao longo de sua existência o INPI, foi aperfeiçoando seus métodos de organização interna para fazer com que a patente guardada em seus arquivos se tornasse mais do que a garantia da propriedade industrial, transformando-a também em uma fonte de consulta pública da sociedade. Dessa forma, se construiu uma fonte de informação tecnológica adequada ao presente tempo de revolução tecnológica (BRASIL, 2001).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) atua juntamente com o INPI na análise dos pedidos de patente de medicamentos, sendo o primeiro o órgão que avalia e participa do processo de concessão de patentes. Após análise, a Anvisa emite uma anuência prévia ou um veto, em seguida o pedido retorna ao INPI que prossegue com a análise dos critérios de patenteabilidade: novidade, ato/atividade inventiva e aplicação industrial (SIQUEIRA & ALVES, 2016).

Durante alguns períodos, a atuação da Anvisa na concessão de patentes na área farmacêutica adentrava nas atribuições do INPI. A Lei nº. 10.196/01 definiu, no artigo 229-C, que a Anvisa realizaria a análise de patenteabilidade dos pedidos de patente, que é a atribuição mais relevante do INPI. Com isso, a Anvisa tornava-se o órgão mais relevante da concessão patentária na área farmacêutica. Entretanto, após muitas discussões sobre as atribuições da Anvisa e do INPI, atualmente o parecer técnico da Anvisa foca em analisar os critérios de garantia de segurança à saúde no Brasil. Dessa forma, o INPI voltou a ser o órgão que analisa os critérios técnicos de patenteabilidade da invenção farmacêutica, após a anuência prévia da Anvisa (BRASIL, 2018).

Dados sobre patentes no setor farmacêutico no Brasil

Os dados apresentados a seguir foram obtidos por meio da plataforma de busca de patentes Orbit Inteligence, em maio de 2019. O resultado obtido demonstrou um total de mais de 800 mil patentes publicadas em todos os domínios tecnológicos no Brasil.

Ao buscar o número de patente por domínio tecnológico, foi possível gerar o gráfico abaixo que apresenta os 35 domínios de maior relevância tecnológica no Brasil (Fig. 2).

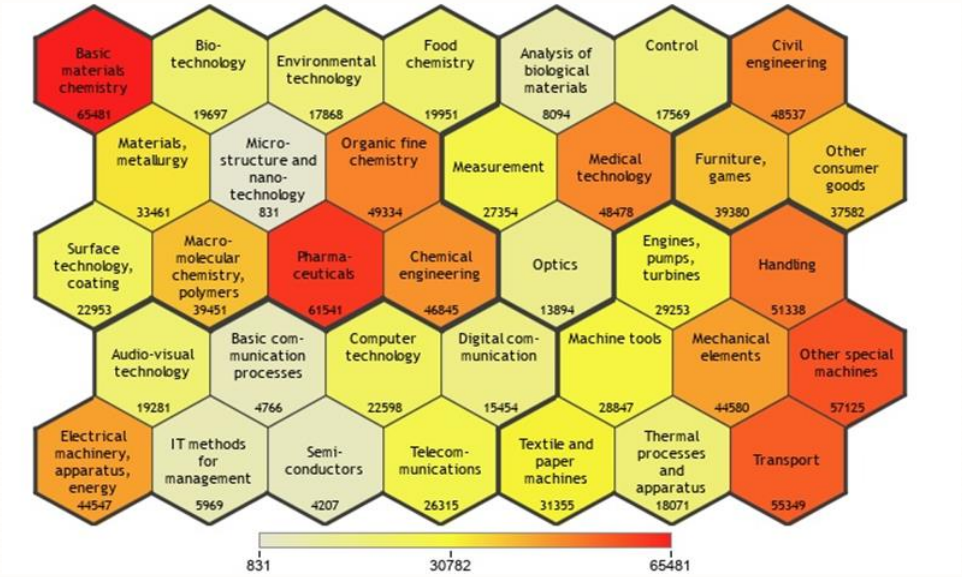
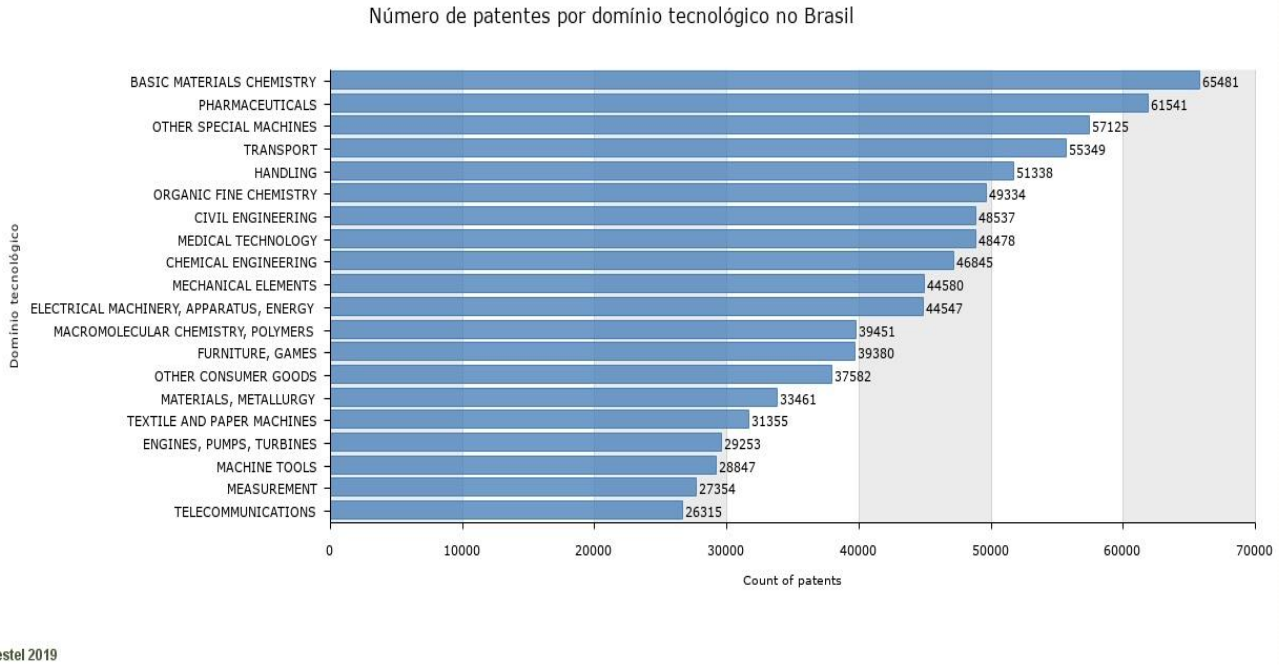


Figura 2. Os domínios tecnológicos de maior relevância no Brasil

Para o domínio farmacêutico foram encontradas 61541 patentes publicadas. A área farmacêutica configura-se atualmente como o segundo domínio com maior número de depósito de patentes no Brasil, sendo superado apenas pelo setor de química básica de materiais, com 65.481 depósitos (Fig. 3).



© Questel 2019

Figura 3. Número de patentes por domínio tecnológico no Brasil.

Se considerarmos o domínio farmacêutico conjuntamente com o domínio da biotecnologia, gerando um superdomínio FarmaBiotec, este se configuraria como o setor de maior número de patentes publicadas, totalizando 81.238 patentes.

Este dado representa um reflexo do investimento do setor em P&D por parte das indústrias farmacêuticas e, ainda, reflete a necessidade e relevância do sistema de patentes como ferramenta de garantia à chegada de novos medicamentos ao mercado consumidor brasileiro.

Se observarmos o número de patentes depositadas na área farmacêutica, fazendo uma distribuição das patentes ao longo do tempo, podemos verificar um aumento expressivo do depósito de patentes a partir da década de 90, quando tornou-se permitida a concessão de patentes de medicamentos no Brasil (Fig. 4). Esse aumento expressivo coincide com a política de medicamentos genéricos, com a mior oferta de medicamentos no mercado nacional e com o crescimento da estagnada indústria farmacêutica brasileira, que passou a vislumbrar nas patentes a garantia do retorno do investimento em P&D de novos produtos.

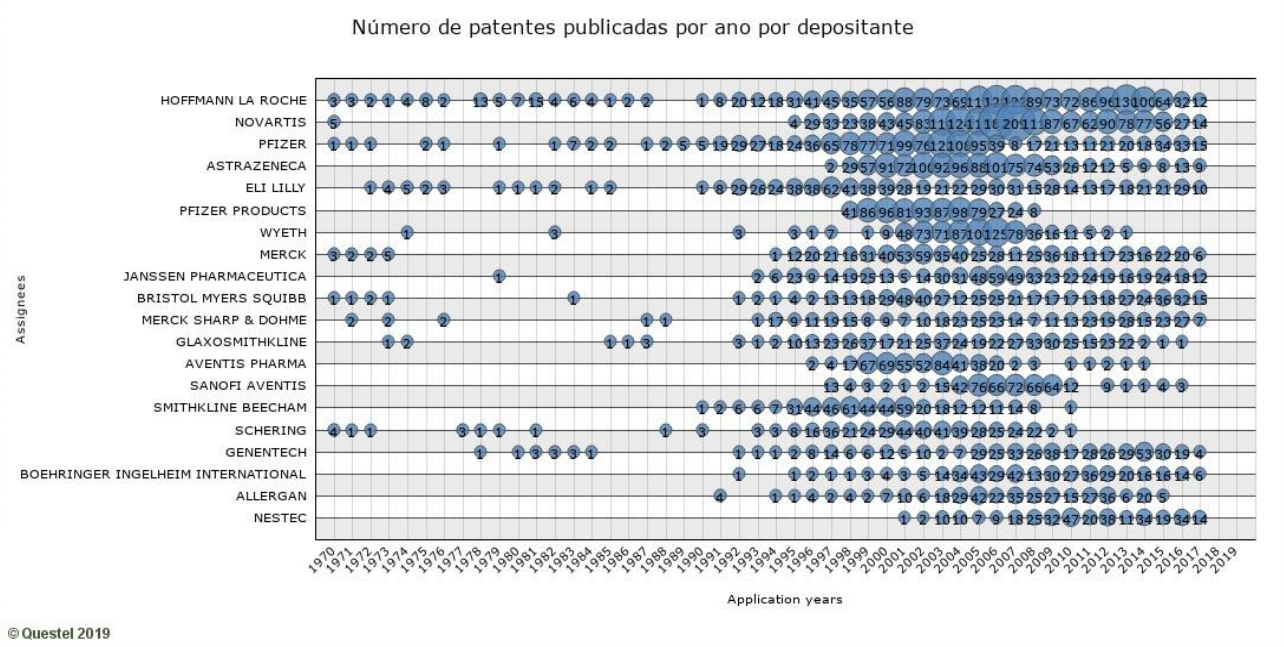


Figura 4. Número de patentes da área farmacêutica por depositante, do ano 1970 à maio de 2019.

Outro dado que reflete a relevância econômica do setor farmacêutico está demonstrado na Fig. 5. Dos 20 principais depositantes de patentes no Brasil, 7 são empresas do setor farmacêutico.

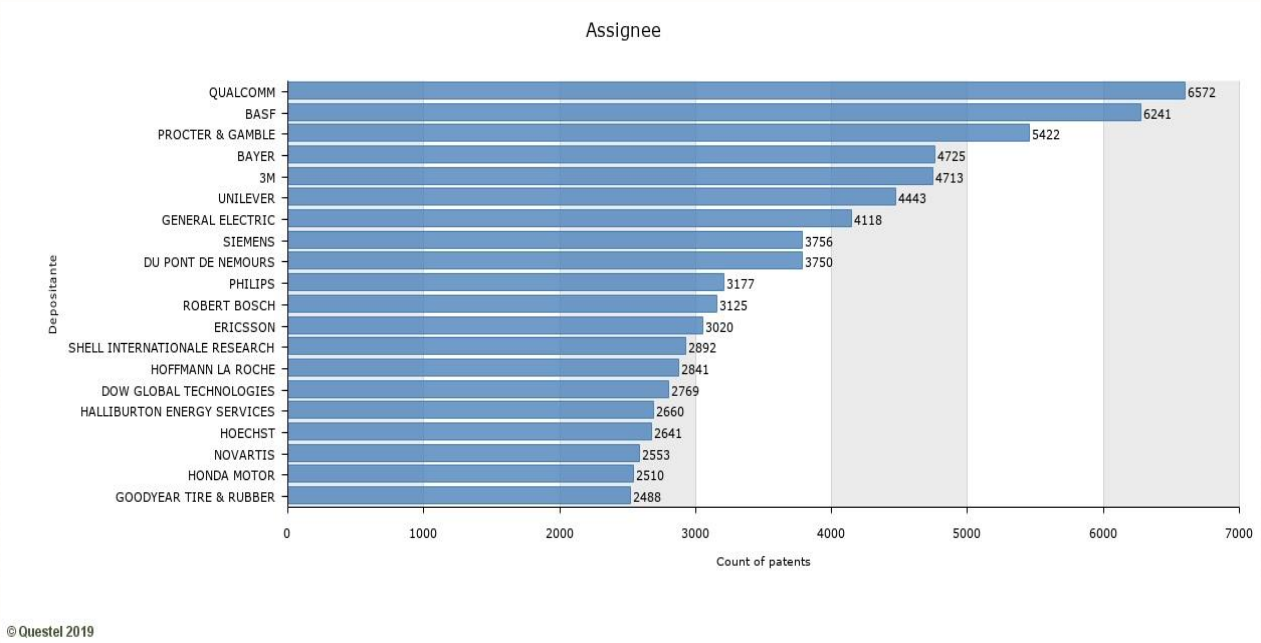


Figura 5. Os 20 principais depositantes de patentes no Brasil.

Considerando o universo do domínio farmacêutico, na Fig. 6 estão elencados os maiores detentores de patentes do país.

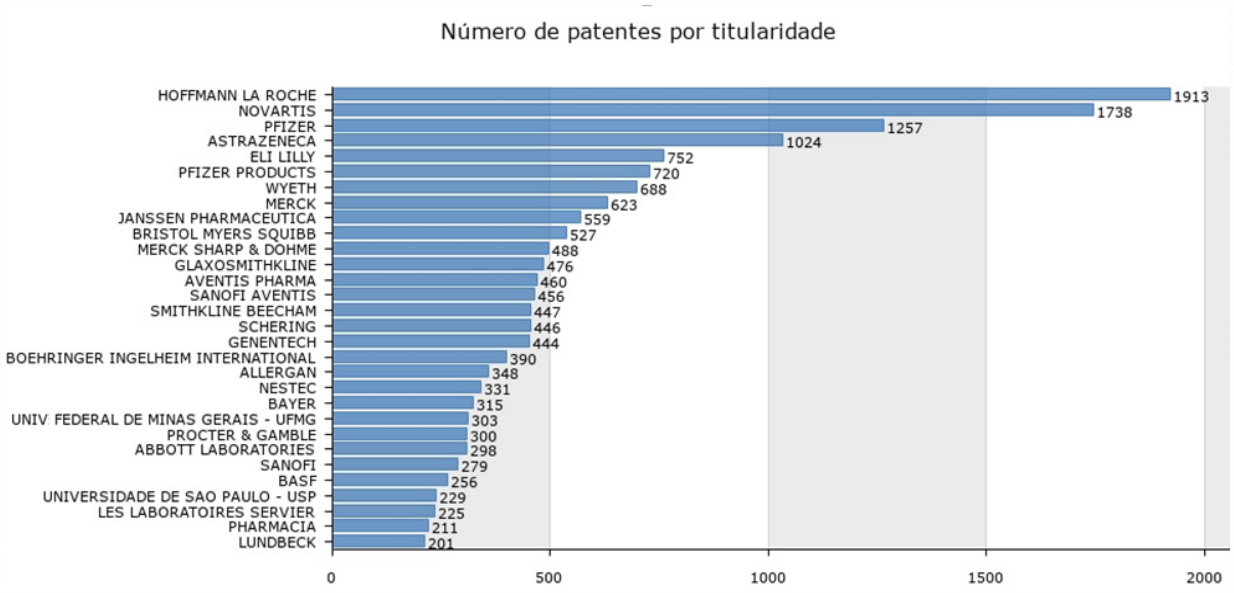


Figura 6. Os principais detentores de patentes do domínio farmacêutico no Brasil.

No que tange os dados levantados quanto à situação legal das patentes do setor farmacêutico no Brasil, os resultados estão apresentados na Fig. 7. É interessante observar o elevado percentual de patentes denominadas como “pending” (41,6%), que são aquelas pendentes, ou seja, aguardando análise e pareceres técnicos do INPI ou Anvisa.

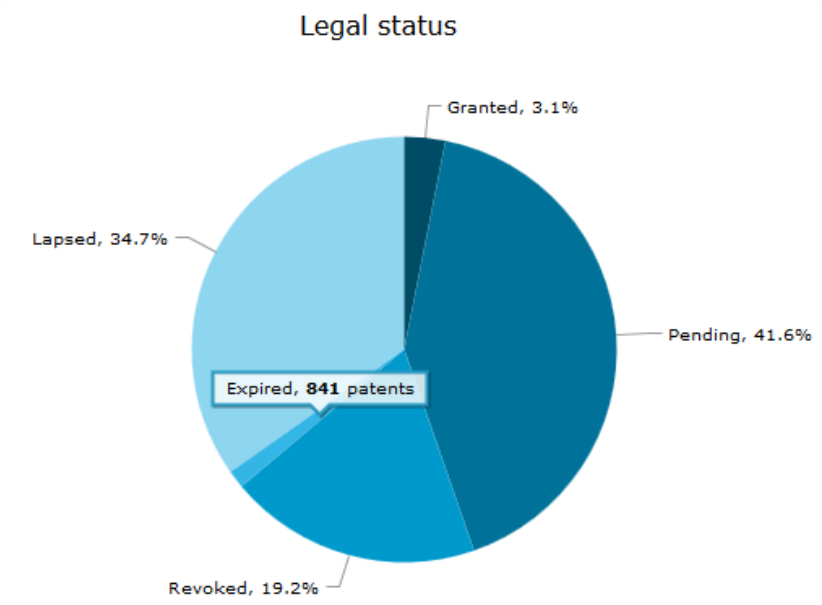


Figura 7. Situação legal das patentes do setor farmacêutico no Brasil.

´ Esse dado reflete a longa espera processual dos depósitos de patentes no Brasil. Na área farmacêutica, na qual é necessária uma etapa adicional de análise (anuência da Anvisa) o tempo de demora desde a data de depósito até a obtenção de uma carta-patente tem ultrapassado o prazo de dez anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados e discussões abordados sobre o tema patentes no setor farmacêutico no Brasil foi possível evidenciar o elevado investimento do setor farmacêutico em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Merece destaque o papel do INPI como avaliador dos critérios de patenteabilidade e da Anvisa como agência garantidora da segurança à saúde durante os pedidos de patentes de medicamentos.

Foi possível verificar a relevância do sistema de patentes como ferramenta de garantia de retorno de investimentos à indústria farmacêutica, viabilizando a chegada de novos medicamentos ao mercado consumidor brasileiro. Importante ressaltar que a legislação vigente prevê possibilidades de licença compulsória de patentes de relevância à saúde pública (“*quebra de patentes*”), como forma de garantir o acesso à medicamentos e prevenir casos de abuso econômico por parte das indústrias.

REFERÊNCIAS

AKKARI, A. C. S. et al. Inovação tecnológica na indústria farmacêutica: diferenças entre a Europa, os EUA e os países farmaemergentes. **Gest. Prod**., São Carlos, v. 23, n. 2, p. 365-380, 2016.

ARAÚJO, E.F.; QUEIROGA, E.S.; GROENNER, L.C. Política de Propriedade Intelectual e Inovação: a gestão nas universidades, o contrato de autores e inventores, termo de sigilo e a transferência de tecnologia. In: ADOLFO, L.G.S.; MORAES, R. (Orgs.). **Propriedade Intelectual em perspectiva**. Rio de Janeiro: Lúmen Juris, 2008, p.91-100.

ARAUJO, Elza Fernandes et al . Propriedade Intelectual: proteção e gestão estratégica do conhecimento. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 39, supl. spe, p. 1-10, July 2010 .

BAGNATO, V.S.; ORTEGA, L.M.; SOUZA, M.A.; MURAKAWA, L.S.G. **Gui prático I: Introdução à Propriedade Intelectual.** Auspin. Universidade de São Paulo, 32p., 2016.

BRASIL .Lei nº 5.648, de 11 de dezembro de 1970. Cria o Instituto Nacional da Propriedade Industrial e dá outras providências. **Diário Oficial República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 de dezembro de 1970. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5648.htm> Acesso em: 23/05/2019.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_06.06.2017/art_196_.asp> Acesso em: 23/05/2019.

_____. Lei nº 11.196 de 21 de novembro de 2005. Dos incentivos à inovação tecnológica. Capítulo III. Presidência da República. Brasília. 2005.

_____. Lei nº 9.279 de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 mai. 1996. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/internet/legislacao/legin.htmlvisualizarNorma.html?ideNorma =374644&PalavrasDestaque=> Acesso em: 23/4/2019.

_____. INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), Ministério da Economia. INPI e Anvisa convergem entendimentos sobre patentes farmacêuticas. 2018 http://www.inpi.gov.br/noticias/inpi-e-anvisa-convergem-entendimentos-sobre-patentes-farmaceuticas

_____. INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial)Ministério do Desenvolvimento Industrial e Comércio Exterior. Patentes: Histórias e Futuro. 40p. 2001. http://www.inpi.gov.br/sobre/arquivos/patente_historia_e_futuro.pdf

CAMPOS, A.C.; DENIG, E.A. **Propriedade intelectual:** Uma análise a partir da evolução das patentes no Brasil, v. 13, n. 18, p.97-120, 2011.

CONDE, M. V. F. & Araújo-Jorge, T. C. Modelos e concepções de inovação:a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, 8(3):727-741, 2003.

CUNHA, J.A.R. Mário, P.C. Avaliação governamental dos resultados da Lei do Bem . **E&G Economia e Gestão,** Belo Horizonte, v. 18, n. 50, 2018.

DI BLASI, G. **A propriedade industrial**: os sistemas de marcas, patentes e desenhos industriais analisados a partir da Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Rio de Janeiro: Forense, 2005.

FERNANDEZ, B.P.M. Ciência, Tecnologia, Capitalismo e suas Interacções Dialécticas **Revista Portuguesa de Filosofia**. 63, 2007.

INTERFARMA. **Guia Interfarma** 2015. Disponível em: https://www.interfarma.org.br/public/files/biblioteca/guia-interfarma-2015- interfarma.pdf. Acesso em: 01 de junho de 2017.

LONDE, C.R.O.; TADA, H.U.; SIANI, A.C.; MACEDO, M.F. Sobre patentes farmacêuticas no Brasil. **Revista Fitos**. v. 2, n. 2, p. 25-29, 2006.

LOPES I.F; BEUREN, I. M. Evidenciação da inovação no relatório da administração: uma análise na perspectiva da Lei do Bem (LEI Nº. 11.196/2005). **Perspectivas em Gestão & Conhecimento,** João Pessoa, v. 6, n. 1, p. 109-127, 2016.

MEINERS, C.M.M.A. Patentes farmacêuticas e saúde pública: desafios à politica brasileira de acesso ao tratamento anti-retroviral. **Caderno de Saúde Pública**, v. 24, n. 7, p. 1467-1478, 2008.

MENDES, D.R.F.; OLIVEIRA, M.A.C.; PINHEIRO, A.A. Anuência prévia da Anvisa: a evolução da regulamentação de uma politica de Estado. **Revista Brasileira de Políticas Públicas.** v. 4, n. 2, p. 157-171,2014.

MORGADO, J.A.L. **Patentes de medicamentos: deve a propriedade intelectual ter limites? Monografia (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas)**. Faculdade de Fármacia da Universidade de Coimbra, 2015.

PEREIRA, G.J. **As patentes farmacêuticas e o acesso a medicamentos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia – Especialista em Direito da Concorrência e Propriedade intelectual). Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2011.

POLÔNIO, C.A. Patentes farmacêuticas e acesso a medicamentos: regras comerciais, direito à saúde e direitos humanos. **Revista de Direito Sanitário**, v. 7, n.1, p. 163-182, 2006.

ROBINE, A. Direitos de propriedade industrial e acesso a medicamentos para o tratamento da AIDS no Brasil. **Revista de Direito Sanitário**, v. 8, n.3, p. 74-129, 2008.

SANTOS, M.H. **A função social da patente farmacêutica.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC – Bacharel em Direito), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

SIQUEIRA, D.P.; ALVES, B.F. Os medicamentos e as patentes *pipeline* convergências e distanciamentos entre a ordem jurídica constituição brasileira e as previsões estrangeiras. **Revista de direitos humanos e democracia**, n. 8, p. 141-180, 2016.

TEIXEIRA, A. **A Indústria Farmacêutica no Brasil: um estudo do impacto socioeconômico dos medicamentos genéricos**. Trabalho de monografia, apresentada à Faculdade de Ciências e Letras – Unesp/Araraquara. 2014.

TOJAL, S.B.B; PESSOA, P.R. A Anuência Prévia Na Concessão De Patentes De Medicamentos E A Regulação Econômica Da Indústria Farmacêutica. **Revista de Direito Sanitário,** v. 8, n. 3, p. 148–165, fev. 2008.

VALLE, André Bittencourt; CIERCO, Agliberto Alves; SOARES, Carlos Alberto; FINOCCHIO JR, Jose. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 3º edição. Ed. FVG. 2015.

ZITTEI, M. V. M. et al. Lei do bem: o incentivo da inovação tecnológica como aumento da competitividade global do Brasil. **Revista Gestão Inovação e Tecnologias**, v. 6, n. 1, p. 2925–2943, 27 mar. 2016.

JANNUZZI, A.H.L; VASCONCELLOS, A.G; SOUZA, C.G. Especificidades do patenteamento no setor farmacêutico: modalidades e aspectos da proteção intelectual. **Cad. Saúde Pública**, v. 24, n. 6, p. 1205-1218, 2008.

INVESTIGAÇÃO DA AÇÃO ANTIMICROBIANA DO ÓLEO DE COPAÍBA (*Copaifera langsdorffii Desf.*) PARA INIBIÇÃO DA MASTITE: *Staphylococcus aureus*

Cleber da Silva Torres [1]
Rodrigo Alves Buriti da Costa [2]
Leticia dos Reis Darcie [3]
Ketolly Natanne da Silva Leal [4]

RESUMO

A utilização de plantas medicinais como forma de terapia alternativa aos medicamentos sintéticos é cada vez mais estudada e difundida em vários sistemas produtivos. Na pecuária leiteira, o uso indiscriminado de antibacterianos no tratamento de enfermidades, principalmente da mastite, tem levado ao aumento da resistência de muitos microrganismos patogênicos aos principais fármacos disponíveis no mercado. Somando-se a este fato, o incumprimento do período de carência destes fármacos tem promovido o aumento de resíduo destes no leite produzido e disponibilizado ao consumidor, o que configura problema de saúde pública. Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar a ação antimicrobiana do óleo de copaíba sobre *Staphylococcus aureus*, isolado do leite de vacas positivas para a presença do microrganismo alvo. A atividade antibacteriana foi determinada pelo teste de disco-difusão, utilizando-se o óleo de copaíba nas concentrações de 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,12%, 1,56%, 0,78%, 0,39% e 0,19%. Após analise dos dados foi possível verificar que o óleo de copaíba apresentou atividade antimicrobiana nas concentrações de 100% a 3,12%, sendo que o aumento da concentração de óleo provocou um aumento no halo de inibição, concluindo-se que o poder de inibição de desenvolvimento bacteriano do óleo de copaíba sobre o *Staphylococcus aureus*, causador da mastite subclínica em vacas leiteiras, existe e é dependente da diluição.

Palavras-chave: Fitoterápico, leite, disco-difusão, óleo medicinal, terapia alternativa.

INTRODUÇÃO

O Brasil se encontra como um dos países com o maior rebanho bovino do mundo, aproximadamente 200 bilhões de cabeças, onde, esse tipo de criação faz parte das principais

[1] Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Química da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, cstorres@gmail.com;
[2] Pós-Graduado pelo Curso de Pós-Graduação em Gestão de Projetos da Universidade Cândido Mendes - UCAM, rodrigoalves.hellraiser@gmail.com;
[3] Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL, leticia_darcie@hotmail.com;
[4] Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL, ketollynatanneq@gmail.com.

atividades do setor agronegócio. Logo, o monitoramento da saúde animal é fundamental para assegurar os níveis de produtividade nos rebanhos com qualidade (GILBERT et al., 2002).

De acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), entende-se por leite como "O produto oriundo da ordenha completa, e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas" (BRASIL, 1952).

A qualidade do leite possui uma grande importância sob o ponto de vista da Saúde Pública. No Brasil, são comuns casos de doenças relativas ao consumo de leite cru ou de derivados produzidos com leite contaminado com microrganismos patogênicos. Uma das grandes causas é o fato de mais de 44% do leite consumido no país ser originário do mercado informal no qual é comercializado sem condição térmica adequada ou controle laboratorial (COSTA et al., 2017).

São vários fatores que influenciam na qualidade do leite cru tais como: higiene da ordenha e dos utensílios, manejo, alimentação, genética dos rebanhos, obtenção, e também infecções como a da glândula mamária, conhecida como mastite, compõem uma das principais causas que desempenham influência negativa sobre a qualidade e produção do leite (MENEZES et al., 2014).

Segundo Rezer (2010) o leite apresenta qualidade em relação a suas proteínas e uma grande quantidade de cálcio, fósforo, magnésio, vitamina A riboflavina e niacina. As alterações microbianas que ocorrem no leite devem-se, principalmente, pela sua composição química variada.

A contaminação e por consequência as alterações microbiológicas que podem ocorrer no leite, principalmente o destinado a indústria, que se utiliza como matéria prima para diversos produtos, apresenta perigo para o consumidor, uma vez que o leite e os produtos lácteos podem veicular microrganismos associados a surtos de origem alimentar, além de ocasionar prejuízos econômicos (MENEZES et al., 2014). A microbiota que contamina o leite é geralmente composta por bactérias que se multiplicam no leite refrigerado, enquanto que leveduras e fungos são raramente encontrados (REZER, 2010).

Com a busca de maiores índices produtivos coloca em risco a saúde do rebanho, impactando no sistema imunológico dos animais e propiciando o surgimento de doenças de diversas naturezas: infecciosas, metabólicas, parasitárias, imunológicas, comportamentais, dentre outras, exigindo o emprego de medicação sistemática para recuperar a sanidade do rebanho (FLORIÃO, 2013).

Segundo Leira e colaboradores (2018) a mastite é uma doença inflamatória da glândula mamária acometida por bactérias ou microrganismos como os fungos, vírus e até mesmo por lesões físicas e estresse. De acordo com Martins et al. (2010) a mastite é dividida em dois tipos a clínica e a subclínica, onde, a mastite clínica os sintomas de inflamação são mais graves, com notáveis alterações na glândula mamária e no leite. Já a mastite subclínica é reconhecida por não apresentar alterações macroscópicas, havendo apenas modificações químicas e microbiológicas no leite (alta taxa de células imunológicas e células do epitélio descamado), dificultando a identificação e tratamento. Essa doença é uma das mais relevantes no gado leiteiro e ocasiona prejuízos financeiros, devido que reduz a produção do leite, gasto com remédios, descarte do leite contaminado, bem como o descarte dos animais (LEIRA et al., 2018).

A doença é transmitida por microrganismos que são divididos em dois grandes grupos: os patógenos contagiosos e os patógenos ambientais classificando-os conforme sua origem e meio de transmissão. Dentre os microrganismos pertencentes aos grupos patógenos contagiosos estão os *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* e *Staphylococcus sp*. Já os patógenos ambientais são presentes no ar, na água, em fezes, na terra, onde, os microrganismos são *Escherichia coli, Streptococcus uberis, Pseudomonassp*, os fungos principalmente leveduras e algas aclorofiladas são do gênero *Prototheca sp*. (COSTA et al., 1999 e MENDONÇA et al., 1999). Esses patógenos contagiosos têm a atividade de colonizar o epitélio dos tetos, especialmente se a pele estiver lesionada, o qual conseguem elevar a contagem de células somáticas (CCS) provocando a inflamação mastite subclínica de longa duração (COSTA et al., 2017).

Logo, devido às infecções que podem afetar a qualidade do leite, o uso de antibióticos é comum tanto para fins terapêuticos, quanto para a cura de mastite. No entanto, os antibióticos geram resíduos, colocando assim, em risco a saúde do consumidor, logo, torna-se um sério problema na área econômica e de saúde pública (MENDONÇA et al., 1999).

Na alopatia, antimicrobianos são as principais substâncias empregadas para tratar a mastite e, associado ao fato do uso indiscriminado, a resistência dos microrganismos é

crescente. Portanto, o emprego isolado ou associado de plantas medicinais no tratamento de doenças pode ser estratégico e, também, para melhorar os resultados clínicos na prática (MASSON et al., 2013).

As plantas medicinais vêm se destacando no tratamento da saúde, especialmente para as populações mais carentes e seus rebanhos. O uso de determinadas espécies vegetais com propriedades antimicrobianas tem crescido, principalmente, devido aos grandes problemas associados aos antibióticos, como as reações de hipersensibilidade e a resistência microbiana. Assim, a utilização das plantas medicinais, é cada vez mais estudada como forma de terapia alternativa aos medicamentos sintéticos que são utilizados (LANGE et al., 2017).

Portanto, nos dias atuais buscam-se alternativas para acabar ou minimizar o risco de resíduos de antibióticos utilizados para tratar doenças no rebanho, umas das alternativas é o uso de sustâncias com ação microbianas provenientes de plantas. Segundo Leira et al. (2018) pode ser economicamente viável quando a qualidade do leite é um componente significativo do produto ou quando casos clínicos ou a transmissão de micro-organismos podem ser prevenidos.

Estudos farmacológicos utilizando o óleo de copaíba mostram que o seu uso vem demonstrando grande atividade anti-inflamatória, cicatrizante, antitumoral e bactericida (MACIEL et al., 2002). A atividade antimicrobiana do óleo de copaíba, na forma de oleorresina e essencial foram verificadas sobre 55 microrganismos isolados de amostras de leite de vacas diagnosticadas com mastite subclínica.

O óleo de copaíba é extraído de uma arvore especificamente do tronco, onde, possui até 36 metros de altura com popa densa, casca lisa e produzindo de 2 a 3 kg de sementes, possuindo ativos que são responsáveis pela atividade biológica tais como: sesquiterpenos (mais de 50% da óleo-resina), diterpenos e ácidos terpênicos (PORTO, 2015). Um importante anti-inflamatório de fonte natural da copaíba é o cariofileno, outro composto importante é ácido caurenóico, um diterpeno que possui estudos comprovados nas ações anti-inflamatórias, diurética e efeitos in vivo e antimicrobianos, relaxante muscular e ações citotóxicas *in vitro* mostra dois constituintes ativos de sesquiterpenos presentes em óleos de copaíba (PAIVA et al., 2004).

Devido às substâncias presentes na copaíba principalmente o óleo, que é uma solução de ácidos diterpênicos, e que essencialmente constituído por sesquiterpenos, vêm sendo investigado e empregado como alternativas para tratamentos de doenças essencialmente inflamatórias. O óleo é um líquido cuja a coloração é amarelada até marrom, apresenta cheiro forte, sabor acre e amargo (PORTO et al., 2015).

Vários estudos fitoquímico indicam que os óleos de copaíba são misturas de sesquiterpenos e diterpenos, sendo o ácido copálico e os sesquiterpenos βcariofileno e α-copaeno, os principais componentes do óleo, sendo o betacariofileno que apresentanta ação anti-inflamatória antibacteriana, antifúngica e antiendêmica, e o beta-bisaboleno, analgésico e anti-inflamatório (VEIGA et al., 2005).

Ao utilizar o óleo de copaíba para efeito antimicrobiano, sabe-se que as substâncias presentes estão relacionadas, principalmente, à alteração da permeabilidade e integridade da membrana celular bacteriana (MASSON et al, 2013). Sendo assim, acredita-se que o efeito antimicrobiano na estrutura da parede celular bacteriana, desnaturando e coagulando proteínas é exercido pela maioria deles. Modificam a permeabilidade da membrana citoplasmática para íons de hidrogênio e potássio, interrompendo os processos vitais da célula, como transporte de elétrons, translocação de proteínas, fosforilação e outras reações que dependem de enzimas, resultando na perda do controle quimiosmótico da célula afetada, matando a bactéria (SILVA, 2010). Braga e Silva (2007) afirma que, dentre as ações do óleo de copaíba, a maior pesquisa é feita na atividade antimicrobiana.

Devido ao aumento da resistência de *S. aureus* a diversos antimicrobianos principalmente sintéticos, a busca por alternativas para o tratamento de mastite torna-se fundamental e importante, logo, o presente estudo utilizou óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii Desf*.) como uma alternativa para a inibição ou controle do *S. aureus*. Para isso, foi investigado o efeito da concentração do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii Desf.)* na inibição do desenvolvimento do *Staphylococcus aureus*, importante agente causador da mastite subclínica em bovinos leiteiros em âmbito nacional, através da técnica de difusão em disco.

METODOLOGIA

Amostras

Foram utilizadas 50 vacas leiteiras lactantes de uma propriedade leiteira localizada na cidade de Poços de Caldas-MG, para a detecção da mastite subclínica e coleta de amostras de leite. Na coleta das amostras do leite, os tetos foram higienizados pela imersão em solução antisséptica de álcool iodado (5%), decorridos 30 segundos o excesso de antisséptico foi removido com álcool 70% e seco com papel toalha. Após a higienização seguiu-se o teste da caneca telada e o *California Mastitis Test* (CMT) para a detecção da mastite e dentre as 50 vacas, 10 foram considerados positivos para mastite subclínica e utilizadas na amostragem.

Foram coletados 10 mL de leite dos tetos positivos ao CMT, em frascos estéreis de 25

mL, abertos apenas no momento da coleta e fechados em seguida. As amostras foram transportadas sob refrigeração ao laboratório do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas para realização dos testes microbiológicos.

Na análise de identificação e caracterização do *Staphylococcus*, 25mL da amostra foram homogeneizados em 225 mL de solução salina peptonada 0,1%. A partir desta diluição inicial a 10^{-1}, foram preparadas mais duas diluições decimais (10^{-2} e 10^{-3}), utilizando-se o mesmo diluente.

Identificação e caracterização fenotípica de Staphylococcus

Na identificação do *Staphylococcus* foi utilizada a metodologia descrita por Lancette e Bennett (2001), onde placas de Petri contendo ágar Baird-Parker (BP) suplementado com telurito de potássio e solução de gema de ovo receberam as amostras adequadamente homogeneizadas e diluídas. A partir de cada diluição, um volume de 0,1mL foi colocado sobre o ágar e espalhada com auxílio de uma alça em "L". Em seguida, as placas foram incubadas a 35ºC por 48 horas. Após a incubação, foi realizada a contagem das colônias características, que apresentaram cor negra e halo. Destas, até três colônias foram repassadas para tubos com caldo BHI e incubadas por 24 horas a 35ºC para continuação dos testes bioquímicos e confirmação da espécie *Staphylococcus aureus* (catalase, coagulase, DNase, manitol e coloração de gram).

Para realizar a prova da catalase, por meio de uma alça bacteriológica foram coletadas as colônias suspeitas para *Staphylococcus aureus* foram dispersadas em uma lâmina de vidro, colocou-se sobre o esfregaço uma gota de peróxido de hidrogênio a 3%, observou-se a formação de bolhas, confirmando a positividade para *Staphylococcus aureus*.

Após o teste da catalase em lâminas, foram feitas provas da coagulase em tubos. Depositou-se 0,1 mL de caldo BHI, onde havia amostras de colônias suspeitas para *Staphylococcus* em um tubo de ensaio contendo 0,5 mL de plasma humano e incubou-se por 4 horas a 35°C em banho-maria. Após análise, observou-se formação de coágulo, sendo um indicativo para positividade do *Staphylococcus aureus*.

O teste de DNase foi usado para detectar a degradação do ácido desoxirribonucléico (DNA), contido no meio de cultura, isto ocorre apenas por bactérias que possuem uma enzima extracelular, a desoxirribonuclease, responsável por esta reação. Ao meio DNase foi adicionado azul de ortotoluidina na concentração de 0,1%; inoculou-se amostras de caldo BHI contendo colônias suspeitas de *Staphylococcus*e incubou-se as placas a 35°C por 24 horas. Após a incubação observou-se a formação de um halo transparente, identificando a presença de

Staphylococcus aureus.

A confirmação do agente causador isolado foi realizada pelo teste de crescimento em ágar sal manitol, visto que o *Staphylococcus aureus* tem a capacidade de fermentar o MSA em meio contendo 7,5% de cloreto de sódio, produzindo assim colônias grandes e rodeadas de uma zona amarela. Estafilococos patogênicos, como *S. aureus*, crescem bem em ambiente rico em sal, virando o MSA para o amarelo mediante liberação de ácido. Após a incubação por 24 horas a 35ºC, observou-se a positividade para bactéria do gênero *Staphylococcus aureus.*

Após análise e confirmação da positividade para *Staphylococcus aureus* das amostras em ágar manitol, utilizou-se a técnica de coloração de Gram para diferenciar bactérias gram-positivas e gram-negativas.

Teste de sensibilidade antimicrobiana Staphylococcus aureus e óleo de CopaiferalangsdorffiiDesf

Após a confirmação microbiológica para bactérias *Staphylococcus aureus*, retiradas das amostras de leite, utilizou-se a cepa da bactéria em questão e aplicou-se a técnica de disco-difusão em ágar Mueller-Hinton para avaliar a atividade antimicrobiana do óleo extraído da copaíba ***(****Copaifera langsdorffii Desf.).*

O teste disco-difusão foi realizado em Agar Mueller-Hinton, com alíquotas de 10µL do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii Desf.*) puro e de suas diluições consecutivas (1+1) utilizando como diluente dimetilsulfóxido (DMSO), obtendo as concentrações de 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,12%, 1,56%, 0,78%, 0,39% e 0,19% do óleo (volume/volume). O preparo dos discos de papel absorvente seguiu a técnica descrita pela FARMACOPÉIA BRASILEIRA, na qual utilizou-se discos de papeis secos e estéreis, medindo 11mm de diâmetro.

As diferentes concentrações preparadas com óleo de copaíba *(Copaifera langsdorffii Desf.)* foram impregnadas nos disco por saturação em ágar Mueller-Hinton fundido com a cepa de *Staphylococcus aureus*. Os discos foram colocados nas placas, manualmente com o auxílio de pinças estéreis e incubadas à 35ºC por 24 horas. Para cada diluição foram utilizadas 10 placas e em cada placa dois discos saturados totalizando 20 leituras de halo para cada diluição. Como controle positivo utilizou-se o antibiótico cloranfenicol (CLO), 10µg/disco. Após o tempo de incubação os diâmetros dos halos foram medidos com um paquímetro, sendo considerados suscetíveis, os halos com diâmetro igual ou acima de 10 mm.

Análise de Dados

Os dados foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado composto por 8 tratamentos (7 concentrações de óleo de copaíba e um tratamento controle com cloranfenicol) os tratamentos 0,78%, 0,39% e 0,19% foram suprimidos da análise estatística por não promoverem a formação de halo, ou seja, não apresentaram atividade inibitória no crescimento do *Staphylococcus aureus.* Os dados foram analisados inicialmente com relação à distribuição normal dos erros, sendo os dados *outlier* retirados e à homogeneidade de variâncias. Como as variâncias foram heterogêneas os dados foram transformados em $\sqrt{X}$, procedendo-se à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias entre os tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, com $p<0,05$.

Como houve efeito de tratamento, os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear entre diâmetro do halo e a concentração de óleo de copaíba sendo as concentrações de 0,78%, 0,39% e 0,19% do óleo de copaíba excluídas do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de identificação de Staphylococcus

Na Fig.1 pode-se observar o resultado da presença da bactéria do gênero *Staphylococcus aureus* nas amostras de leite das vacas submetidas ao teste de CMT com correlação positiva com a alta concentração de células somáticas, decorrentes da infecção da glândula mamária (mastite subclínica).

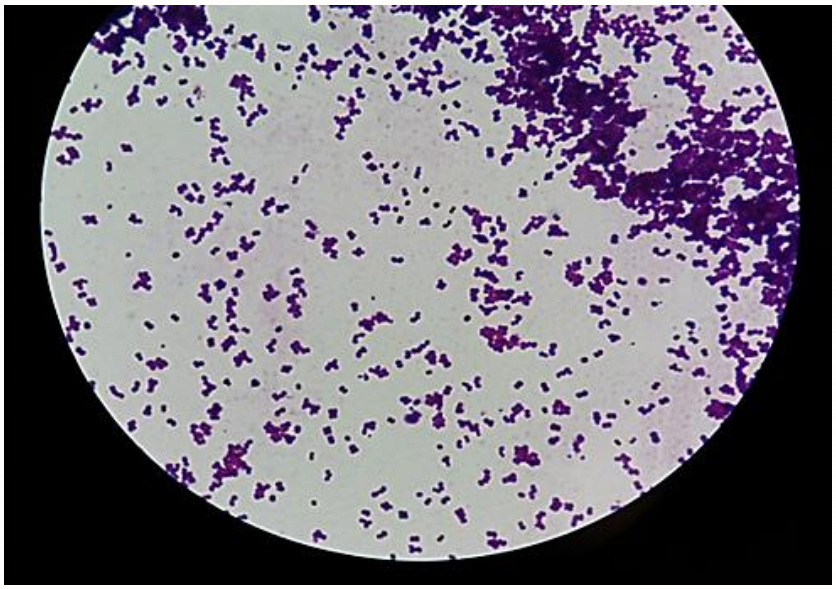
Fig.1 - Resultado do teste do crescimento em ágar manitol.



Fonte: Autor.

De acordo com a ANVISA, as colônias de *S. aureus* podem ter pigmento amarelo ou amarelo-alaranjado, podendo apresentar hemólise. A coloração amarelada no *S. aureus* aparece mais pronunciada após incubação de 72 h em temperatura ambiente. Logo, é possível verificar por meio da Fig.1 que as amostras apresentaram cores amarelo e amarelo-alaranjado confirmando a presença da bactéria.

Fig.2 - Resultado do teste de coloração de Gram (coloração roxa/azulada)



Fonte: Autor.

Sabe-se que o *Staphylococcus aureus* é uma bactéria Gram positiva onde possui três tipos de exotoxina que determinam sua patogenicidade: a hemolisina, a enterotoxina e a

leucocidina, a técnica utilizada para corar diferentes microrganismos baseou-se na composição química e integridade da sua parede celular, classificando-as assim em Gram-negativos (vermelho) ou Gram-positivo (roxo) (DANTAS et al., 2010). A Fig.2 mostra o resultado do teste de coloração gram, confirmando que o *Staphylococcus aureus*é de fato uma bactéria Gram positiva devido a coloração roxo apresentada.

Análise do Teste de sensibilidade antimicrobiana *Staphylococcus aureus* ao óleo de *Copaifera langsdorffii Desf*

A aplicação do óleo de copaíba nos discos promoveu inibição do crescimento microbiano, uma vez que foi verificada diferença significativa (P<0,05) entre as médias dos diâmetros dos halos observados para bactéria avaliada (Tab.1). De acordo com os resultados, quanto maior a concentração do óleo, maior foi o halo de inibição obtido, com diferença significativa entre eles. Deve ser ressaltado que nas diluições de 0,78%, 0,39% e 0,19% do óleo não houve inibição do crescimento bacteriano (sem formação aparente do halo). O cloranfenicol, utilizado como controle positivo no teste de disco-difusão é um antibiótico da classe dos anfenicóis, com propriedade bacteriostática, interfere na síntese proteica bacteriana e apresentou maior halo de inibição do crescimento do *S. aureus*, comparado às demais concentrações avaliadas (P<0,05).

Tab.1 - Atividade antimicrobiana pelo método de difusão de placas do óleo de copaíba sobre o *Staphylococcus aureus* em função das concentrações avaliadas.

Tratamentos	Diâmetro do halo de inibição (mm) e desvio padrão
Cloranfenicol *	25,99 (±0,0243)^{A}
100%	14,55 (±0,0114)^{B}
50%	12,32 (±0,0117)^{C}
25%	10,36 (±0,0150)^{D}
12,5%	9,21 (±0,0095)^{E}
6,25%	8,71 (±0,0105)^{F}
3,12%	7,01 (±0,0111)^{G}
1,56%	6,06 (±0,0445)^{H}

Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05) *10 ug/disco (antimicrobiano sintético, controle positivo)

Fonte: Autor

Considerando-se a classificação da ação de extratos e o consequente tamanho dos halos, proposta por Alves et al., (2000), considera-se como inativo aquele que produz um halo menor

que 9 mm; 9 a 12 mm indicam extratos ativos, e aqueles halos de 13 a 18 mm, ou maiores, correspondem a extratos muito ativos. Desta forma o óleo de copaíba pode ser considerado muito ativo frente à inibição do crescimento microbiano na sua forma pura ou 100%.

Resultado de atividade antimicrobiana semelhante a este estudo foi demonstrado, sendo que à concentração de 25% do óleo de copaíba em dimetilsulfoxido (DMSO) foi observado halo com inibição de crescimento bacteriano em meio de cultura Mueller-Hinton em teste de difusão em discos, com média de 10mm para o mesmo patógeno. De acordo com Mendonça et al., (2009), foi possível verificar que o halo de inibição foi de 13mm com o uso do óleo puro (100%), diminuindo para 11, 10, 9, 7e 7mm, nas concentrações de 50, 25, 12,5, 6,25 e 3,12%, respectivamente.

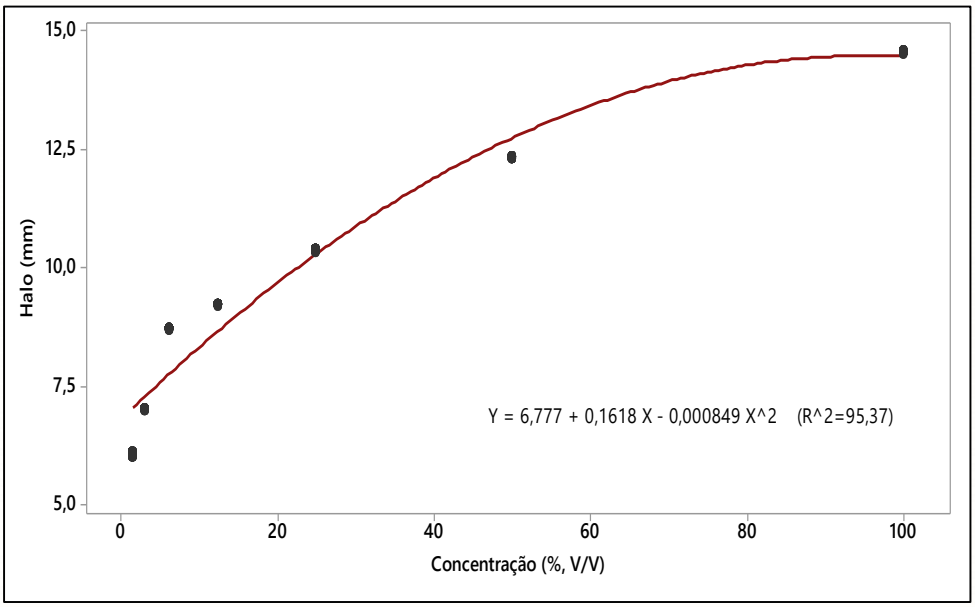
De acordo com estudos antimicrobianos *in vitro* de Gilbert e colaboradores (2002) que utilizaram o óleo de copaíba no combate às bactérias, mostraram atividades antimicrobianas com o óleo de copaíba sobre os microrganismos orais *S. mutans, S. salivarius, S. pyogenes* e *E. faecalis.* Os halos de inibição foram maiores que os obtidos com o controle positivo a clorexidina, confirmando a ação inibitória microbiana.

Segundo Burt et al., (2018) a atividade antimicrobiana pode ser devido ao efeito do óleo sobre a membrana citoplasmática, especialmente, às proteínas da membrana; alteração no transporte ativo em nível de membrana, interrompendo a força motriz de prótons e do fluxo de elétrons, e, também, pela coagulação dos conteúdos celulares.

Pesquisa de Santos et al., (2008) sobre a atividade antimicrobiana do óleo de copaíba brasileiro obtido de diferentes espécies do gênero Copaifera (*Copaifera martii, Copaifera officinalis* e *Copaifera reticulata*) identificou, sob a análise de microscopia eletrônica, que o microrganismo *S. Aureus* tratado com o óleo de copaíba apresentou danos e rompimento da membrana da célula, resultando em alterações morfológicas, liberação de componentes citoplasmáticos e redução no volume celular.

A atividade antimicrobiana do óleo de copaíba de acordo com Leandro et al., (2012) não pode ser atribuída a um único componente, pois as características farmacológicas podem ser atribuídas aos diferentes compostos, que de forma sinérgica atuam na atividade antimicrobiana. O β-cariofileno, que é um dos principais constituintes bioativos encontrados no óleo-resina de copaíba é um sesquiterpeno cuja composição perfaz 99,47% dos componentes do óleo e apresenta propriedades medicinais (anti-inflamatórias e antifúngicas) (GALÚCIO et al., 2016). A Figura 3 mostra a análise de regressão onde foi possível verificar a concentração mais eficiente para inibição da bactéria estudada.

Fig. 3 - Relação quadrática entre os halos de inibição antimicrobiana (mm) e as diluições do óleo de copaíba. R^2 = coeficiente de determinação.



Fonte: Autor.

No presente estudo foi possível observar por meio da análise de regressão com modelo quadrático, relação entre os níveis crescentes do óleo de Copaíba e o tamanho do halo representativo da inibição do crescimento do *Staphylococcus aureus* (Y = 6,777+0,1618x – 0,000849x$^{\wedge 2}$), cujo modelo explica 95,37%. Neste caso, quanto maior a concentração do óleo aplicado, maior foi o halo de inibição formado para a inibição do crescimento, até atingir o ponto de inflexão, que foi para 100% do óleo para *S. aureus*. Portanto, é possível estimar a concentração mais eficiente contra a bactéria avaliada (Fig. 3).

Considerando-se a condição descrita por Alves et al., (2002), no presente estudo, as concentrações de 25 e 12,5% do óleo de copaíba representam halos com diâmetro entre 9 a 12 mm indicando extratos ativos, e, as concentrações 100, 50%, halos entre 13 a 18 mm, que correspondem a extratos muito ativos.

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, existe a possibilidade de tratamento de infecções subclínicas por *S. aureus* com o óleo de Copaíba e esta deve ser avaliada, inclusive *in vivo*, como uma alternativa aos antimicrobianos sintéticos para o tratamento da mastite, garantindo assim, que não ocorram complicações infecciosas em virtude do crescimento ou proliferação microbiana, e o agravamento do quadro da doença, gerando a diminuição na produção leiteira dos animais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se a presença de Staphylococcus aureusnas amostras de leite de vacas conformadas com mastite subclínica e a partir disso, constata-se que o óleo de Copaíba apresenta efeito inibidor de crescimento desta bactéria quando testado. O óleo de copaíba nas concentrações de 12,5 e 25% é ativos para inibir a atividade microbiana e as concentrações 50 e 100% são muito ativas.

Constatou-se, através desse estudo, que o halo de inibição antimicrobiana diminui com o aumento da diluição do extrato, podendo ser considerado como alternativa terapêutica potencial para o controle da mastite bovina, necessitando ainda de ensaios biológicos *in vivo*.

REFERÊNCIAS

ANVISA, Agência nacional de vigilância sanitária. **Detecção e Identificação de Bactérias de Importância Médica.** Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/microbiologia/mod_5_2004.pdf>, Acesso em: 05 de junho de 2019.

ALVES, T. M. A. et al. Biological Screening of Brazilian Medicinal Plants. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro, Vol. 95(3): 367-373, May/Jun. 2000.

BRASIL, 1952. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal** (RIISPOA). Aprovado pelo decreto nº 30.691, de 20 de março de 1952. Brasília, 1952.

BRAGA, M. D., SILVA, C. C. M. Atividade antimicrobiana do extrato aquoso de Copaifera langsdorffii Desf. sobre Staphylococcus aureus. **Unimontes Cientifica**, Montes Claros, v.9, n.1 – jan./jun. 2007.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**. V.94. pg. 223–253, 2004.

COSTA, H. N., MOLINA, L. R., LAGE, C. F. A., MALACCO, V. M. R., FACURY FILHO, E. J., CARVALHO, A. Ú. 2017. Estimativa das perdas de produção leiteira em vacas mestiças Holandês x Zebu com mastite subclínica baseada em duas metodologias de análise. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, pg. 579-586, 2017.

COSTA, E., MELVILLE, P., RIBEIRO, A., WATANABE, E. Infecções intramamárias em novilhas primíparas no período pré ao pós-parto e sua importância no controle de mastite. **Revista Napgama**, v.2, pg.16-20, 1999.

DANTAS, S. A. F., SENA, L. V. T., MELO, D. J. A. Avaliação de plantas medicinais no combate a mastite bovina. **Revista Holos**. v.4. pg. 96-101, 2010.

FLORIÃO, M. M. Boas práticas em bovinocultura leiteira com ênfase em sanidade preventiva.

Programa Rio Rural, 2013. [ISSN 1983-5671].

Farmacopeia Brasileira. 4ed. São Paulo: Atheneu, 1988.

GILBERT B., ALVES, L., FERREIRA, J. L. P. A base científica da fitoterapia. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 13, n. 25, p. 129-135, jul./dez., 2002.

GALÚCIO, C. S. et al. Recuperação de Sesquiterpenos do Óleo-Resina de Copaíba a Partir da Destilação Molecular. Quimica Nova, Vol. 39, No. 7, 795-800, 2016.

LEIRA, M. H. et al. Fatores que alteram a produção e a qualidade do leite: Revisão. **Revista Pubvet**. v.12, n.5, a85, p.1-13, maio.,2018.

LANGE, M. J., ZAMBOM, M. A., POZZA, M. S. S. Tipologia de manejo de ordenha: análise de fatores de risco para a mastite subclínica. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 2017; 37(11):1205-1212.

LANCETTE, G. A., BENNETT R. W. *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcal Enterotoxins*. In: Downes F. P; Ito, K. (Eds). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Washington: Apha, p. 387-403, 2001.

LEANDRO, L. M., VARGAS, F. S., BARBOSA, P. C. S., NEVES, J. K. O., SILVA, J. A., VEIGA JUNIOR, V.F. Chemistry and biological activities of Terpenoids from Copaiba (Copaifera spp.) **Oleorensis. Molecules**, v.17, pg.3866-3889, 2010.

MARTINS, R. P., SILVA, J. A. G., NAKAZATO, L., DUTRA, V., FILHO, E. S. A. Prevalência e etiologia infecciosa da mastite bovina na microrregião de Cuiabá-MT. **Ciência Animal Brasileira**, 11, 181-187, 2010.

MENDONÇA, C. L., FIORAVANT, M. C. S., SILVA, J. A. B. A. **Etiologia da mastite bovina**. Veterinária Notícias, v.5, pg.107-118, 1999.

MENEZES, M. F. C. et al. Microbiota and coservation of milk. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**. e-ISSN 2236 1170 - v. 18. Ed. Especial Maio. 2014, p. 76-89.

MENDONÇA D. E., ONOFRE, S.B. Atividade antimicrobiana do óleoresina produzido pela copaíba – *Copaifera multijuga Hayne* (Leguminosae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, pg.577-81, 2009.

MASSON, D. S., SALVADOR, S. L., POLIZELLO, A. C. M., Antimicrobial activity of copaiba *(Copaifera langsdorffii)* oleoresin on bacteria of clinical significance in cutaneous wounds. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, 2013; 15(4):664-669.

PORTO, A. S. **Desenvolvimento de nanoemulsão o/a a base de óleo de copaíba, incorporadas com nanopartículas magnéticas de zinco.** Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Nanociência e Nanobiotecnologia da Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2015.

PAIVA, L. A. F., GURGEL, L. A., SOUSA, E. T., SILVEIRA, E. R., SILVA, R. M., SANTOS, F. A., Protective effect os Copaiferalangsdorfii óleo-resinagainstaceticacidinducedcolitis in rats. **Journal Ethno pharmacolgy**, v.93, 2004.

REZER, A. P. S. **Avaliação da Qualidade Microbiológica e Físico-Química do leite UHT**

integral comercializado no Rio Grande do Sul. 2010, 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SILVA, N. C. C. **Estudo comparativo da ação antimicrobiana de extratos e óleos essenciais de plantas medicinais e sinergismo com drogas antimicrobianas.** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, 2010.

VEIGA JUNIOR, V. F., PINTO A. C., MACIEL, M. A. M. Medicinal plants; safe cure? **Química Nova**, v. 28, n. 3, p.519-528, 2005.

INVESTIGAÇÃO DO DESEMPENHO *IN VIVO* DE COMPÓSITOS DE ALUMINA/FOSFATO DE CÁLCIO (CaPs) VISANDO SUA APLICAÇÃO COMO MATERIAL PARA RECONSTRUÇÃO ÓSSEA

Marcelino Guedes de Lima[1]
Adriano Lima da Silva [2]
Elíria Maria de Jesus Agnolon Pallone[3]
Ana Cristina Figueiredo de Melo Costa [4]

INTRODUÇÃO

Na ciência de desenvolvimento de implantes e/ou preenchimentos ósseos, os fosfatos de cálcio (CaPs) possuem um perfil biológico altamente atrativo, pois apresentam composição química muito semelhante à fase mineral dos ossos e dentes (íons fosfato e cálcio). Podem, então, participar ativamente do equilíbrio iônico entre o fluido biológico e a cerâmica apresentando grande habilidade em formar ligações com o tecido hospedeiro sem, no entanto, apresentar toxidade local ou sistêmica, resposta inflamatória ao implante e formação de um tecido fibroso envoltório (KAWACHI *et al.*, 2000). Sendo assim, os CaPs, conseguem fornecer, um grau de integridade estrutural ao implante a fim de mantê-lo no lugar e intacto até que o novo osso cresça. Além disso, estimulam o crescimento de um tecido ósseo e apresentam solubilidade controlável, de maneira que podem ser absorvidos pelo organismo permitindo que o novo osso substitua o implante (VANDERSCHOOT, 2002).

Dentre os materiais empregados para tais fins, a hidroxiapatita (HAp) apresenta características promissoras para várias aplicações biomédicas visto que, é uma das fases do fosfato de cálcio mais atrativa para aplicações biomédicas devido à sua excelente biocompatibilidade, bioatividade, não toxicidade, biodegradação lenta, boa estabilidade mecânica, grande capacidade de adsorção e biocompatibilidade (Tan *et al.*, 2012; D'elía *et al.*, 2013) área superficial e porosidade elevada (Pon-On, 2011) e principalmente por sua

[1]Professor, Titular, CCBS-UEPB, Doutor, Pesquisador, E-mail: marcelino.lima@hotmail.com;
[2]Mestre, Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - UFCG, E-mail: adrianolimadasilva@hotmail.com;
[3] Professora Titular, DCB/USP, Doutora e Co-Orientadora, E-mail: eliria@usp.br;
[4]Professora, Titular, UAEMa-UFCG, Doutora e Orientadora, E-mail: ana.costa@ufcg.edu.br;

semelhança com o osso humano natural (Wijesinghe *et al.*, 2014). Contudo, as propriedades mecânicas dos fosfatos de cálcio dependem do tamanho, forma, distribuição das partículas e da formação dos aglomerados, os quais influenciam o processo de densificação (sinterização do material com retração).

Desta forma, estudos que viabilizam a síntese de fosfatos de cálcio tem se tornado um grande atrativo para pesquisadores nas mais diversas áreas (como por exemplo, medicina, ciências dos materiais, químicos e engenheiros), visando obter estes materiais com características estruturais e morfológicas que aperfeiçoem as propriedades físico-químicas de modo a contribuir para o avanço tecnológico e cientifico nas mais diversas aplicações.

Por outro lado, pesquisas científicas também avançam no estudo e desenvolvimento de novos materiais que possam resultar em propriedades mais compatíveis para fabricação de produtos mais estáveis termicamente e quimicamente, com alta durabilidade, propriedades mecânicas, elétricas, magnéticas e ópticas mais pronunciadas, de forma a reduzir o descarte no meio ambiente e possibilite a melhoria da qualidade de vida. Associado, temos também a busca pelos novos materiais que possam substituir ou reparar parte do corpo humano (os biomateriais) e que tem ganhado um forte impulso na última década, visto que tem crescido a busca incansável do homem por padrões de vida superiores e pela longevidade, gerando cada vez mais a necessidade de alternativas para o reparo e substituição de tecidos vivos vitimados por traumas ou patogenia.

Assim, este trabalho tem como objetivo investigar o desempenho *in vivo* dos compósitos de alumina/fosfato de cálcio (Al_2O_3/CaPs), por meio de análise radiográficas em tíbias de coelhos visando seu aplicação como biomaterial de reconstrução óssea.

DESENVOLVIMENTO

Biomateriais

Os materiais utilizados na substituição de ossos enquadram-se numa classe denominada de biomateriais, que devem apresentar propriedades físicas e biológicas compatíveis com os tecidos vivos do hospedeiro, de modo a estimular uma resposta adequada aos mesmos. Tais propriedades caracterizam a biocompatibilidade. Os materiais sintéticos utilizados para estes fins podem ser metais, polímeros, compósitos, cerâmicas e vidros (WONG e BRONZINO, 2007). Inúmeros dispositivos e materiais são utilizados no

tratamento de doenças ou ferimento, como exemplo pode citar: suturas, agulhas, cateteres, placas, obturações dentárias, próteses, entre outros.

Em geral, biomateriais utilizados na reposição dos chamados tecidos moles são muito diferentes daqueles usados na substituição de tecidos duros (ossos e dentes). Para os tecidos duros, dependendo do esforço mecânico a que são submetidos, alguns materiais podem ser mais apropriados que outros, devido à sua maior resistência (KAWACHI *et al.*, 2000).

A diversidade das aplicações dos biomateriais reportados na literatura, assim como o amplo espectro de sua composição química e a necessidade de formas e morfologias apropriadas para sua utilização, faz da pesquisa nesta área do conhecimento um trabalho de característica eminentemente interdisciplinar, envolvendo fatores que definem o sucesso de suas aplicações, tais como: rotas de síntese, processamento em formas variadas, qualidade e esterilidade clínica e resposta do tecido hospedeiro (KAWACHI *et al.*, 2000).

Desta forma, o desenvolvimento de biocerâmicas e de próteses constituídas destes materiais deve ocorrer sob as mesmas condições de interdisciplinaridade que determinam o desenvolvimento de qualquer outro biomaterial. Dentro deste contexto, os profissionais da área química, saúde, engenharia dos materiais, entre outros, podem contribuir de forma significativa para a evolução desta área e para o aumento do leque de sua aplicabilidade, através do desenvolvimento de novos e eficazes biomateriais e também na elucidação dos mecanismos que regem a regeneração óssea.

Biocerâmicas

Cerâmicas têm sido usadas pelos seres humanos há milhares de anos. Nos últimos anos, os seres humanos têm percebido que a cerâmica e as suas composições também podem ser usados para aumentar ou substituir várias partes do corpo, especialmente ossos. Assim, as cerâmicas utilizadas para esses fins são classificados como biocerâmicas. A cerâmica apresenta inércia em relação aos fluidos corporais, alta resistência à compressão e aparência esteticamente agradável, o que viabilizou sua utilização na odontologia como coroas dentárias. Podemos citar como exemplo, carvões usados como implantes, utilizados especialmente para aplicações em interface com o sangue, tais como válvulas cardíacas (GUASTALDI e APARECIDA, 2010).

Devido à sua alta resistência semelhante a das fibras (naturais ou sintéticas) e sua biocompatibilidade, a cerâmica também está sendo usada como reforço de componentes de materiais compósitos para implante e para aplicações em tendões e ligamentos artificiais. Para

ser classificado como biocerâmicas, o material cerâmico deve atender ou exceder as seguintes propriedades: não tóxico, não carcinogênico, não alérgico, não inflamatório, biocompatível e biofuncional (WONG e BRONZINO, 2007).

Dentro da classe das biocerâmicas duas especificamente merecem destaque em aplicações biomedicas: a alumina e os fosfatos de cálcio.

A alumina densa - coríndon (α- Al_2O_3) como biocerâmica, tem seu uso datado a mais de 40 anos atrás, com base na sua característica de ser bioinerte, alta resistência à corrosão, elevada resistência mecânica, dureza, excelente biocompatibilidade e estabilidade no corpo humano (PICONI et al., 2003

A alumina (Al_2O_3) é um material que pode atuar também como um biomaterial por apresentar-se altamente inerte e resistente à maioria dos ambientes corrosivos, incluindo o ambiente altamente dinâmico que é o corpo humano. Em condições fisiológicas é praticamente inerte, causando pouca ou nenhuma resposta dos tecidos em volta do implante e mantendo-se essencialmente inalterado. No entanto, o corpo humano a reconhece como material estranho e procura isolá-lo formando uma camada de tecidos fibroso não aderente em volta do implante. As principais características que tornam a alumina adequada para ser utilizada como biomaterial, quando comparada com outros biocerâmicas aplicados a biomateriais são (PEZZOTTI *et al.*, 2010): alto grau de inércia química sob condições fisiológicas; alta resistência de uso; habilidade de ser polida com alto acabamento superficial; dureza excelente; maior tenacidade à fratura; maior resistência mecânica à flexão e; menor módulo de elasticidade.

Os fosfato de cálcio, é um grupo de minerais que contém íons de cálcio (Ca^{2+}) juntamente com ortofosfatos (PO_4^{3-}), metafosfatos ou pirofosfatos ($P_2O_7^{4-}$) e ocasionalmente hidrogênio ou íons de hidróxido. Sua fórmula molecular é $Ca_3(PO_4)_2$ (FERNANDES, 2007).O fosfato de cálcio na rocha ígnea e sedimentar é exclusivamente apatítico. Originalmente, todas as apatitas terrestres estão presentes em rochas ígneas. Através do tempo geológico, a extensa e contínua lixiviação dessas rochas primárias pelas águas tem sido uma fonte para a formação de fosfato de cálcio biológico, na forma de apatita. Os esqueletos de algumas espécies marinhas também são fontes deste mineral. Alguns contêm carbonato de cálcio, porém a maioria contém fosfato de cálcio. Os esqueletos que não são reabsorvidos no ciclo da vida, carnívoro do mar depositam-se no fundo de mares, oceanos e lagos formando depósitos minerais (PAIVA, 2011).

Os fosfatos de cálcio vêm despertando grande interesse entre biólogos, mineralogistas e químicos inorgânicos e industriais por muitos anos, pois as apatitas constituem o principal componente mineral dos ossos e dentes (GUASTALDI e APARECIDA, 2010). A hidroxiapatita $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ compõe cerca de 23 % em massa dos ossos e 90 % do esmalte dental (HIJÓN *et al.*, 2006). É considerada a apatita mais cristalina produzida por organismos vivos, apesar de possuir baixo grau de cristalinidade, devido à troca de íons OH^- por íons F^- ou Cl^-, resultando em fluorapatita e cloroapatita. Poderá ocorrer também a troca de Ca^{2+} por outros íons divalentes com diâmetro maior que 0,97 Å e a troca de fosfato por carbonatos e sulfatos. Muitos fosfatos de cálcio são encontrados em processos de mineralização e em calcificações patológicas (GUASTALDI e APARECIDA, 2010).

Os fosfatos de cálcio apresentam-se hoje como os principais materiais estudados e empregados como biomaterial para a reposição e regeneração do tecido ósseo, pois apresentam como principais características: semelhança com a fase mineral de ossos, dentes e tecidos calcificados; excelente biocompatibilidade; bioatividade; ausência de toxicidade; taxas de degradação variáveis; osteocondutividade (indicam o caminho para o crescimento ósseo, fazendo que ocorra sobre a superfície ou através dos poros) (KAWACHI *et al.*, 2000).

As principais aplicações dos fosfatos de cálcio estão na área médica-odontológica, onde estes são utilizados como biomateriais, pois apresentam a característica de serem biocompatíveis não induzindo nenhuma resposta inflamatória do organismo a este tipo de material. Podem ser utilizados em: reparo de defeitos ósseos em aplicações odontológicas e ortopédicas, aumento de rebordo alveolar, coadjuvante na colocação de implantes metálicos, regeneração guiada de tecidos ósseos, reconstrução bucomaxilofacial, equipamentos percutâneos, reparo e substituição de paredes orbitais, substituição do globo-ocular, enxerto ou recobrimento de próteses metálicas, tratamentos periodontais, aplicações em otorrinolaringologia e recobrimento de implantes metálicos (ANMIN *et al.*, 2007; LEE *et al.*, 2006; LEGEROS *et al.*, 2003; GAVRILOVIC *et al.*, 2003; ANDERSSON *et al.*, 2005).

Reconstrução Óssea

A recuperação de áreas que sofreram traumas, retiradas de tumores ou devido a própria constituição genética do paciente podem ser feitas por meio dos enxertos com biocerâmicas que apresentem boa resistência mecânica, biocompatibilidade, bioinércia, biofuncionalidade e osseointegração.

Na odontologia bucomaxilofacial tomando como exemplo, temos regiões que

precisam ser recuperadas, por exemplo: o mento (queixo), nasal, zigoma e o ângulo mandibular (Figura 1). Esta recuperação pode ser feita com as biocerâmicas puras ou com compósitos destas biocerâmicas (GINEBRA *et al.*, 2010).

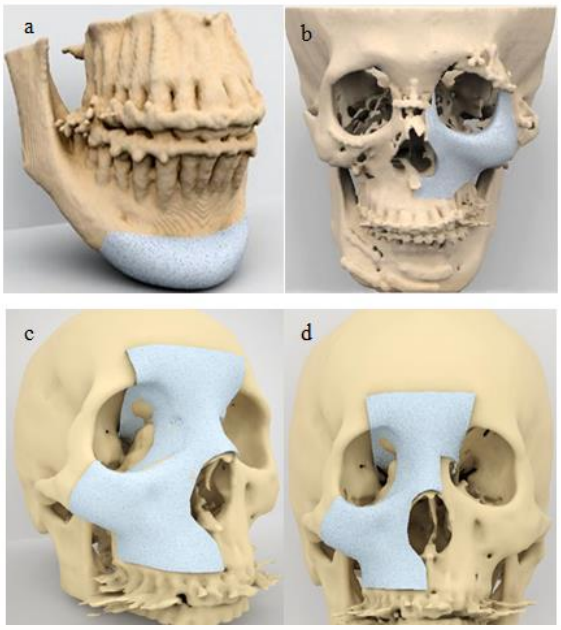


Figura 1 - Regiões implantadas, (a) mento, (b), (c) e (d) seios da face. **Fonte:** Kawachi *et al.*, 2000.

A odontologia bucomaxilofacial engloba tratamentos como: enxertos ósseos, transplantes e reimplantes de dentes, dentes inclusos biópsias, cirurgias com finalidade protética, cirurgias com finalidade ortodôntica, cirurgias ortognáticas e tratamento cirúrgico de cistos, afecções radiculares e periradiculares, doenças das glândulas salivares, doenças da articulação têmporo-mandibular, lesões de origem traumática na área bucomaxilofacial, malformações congênitas ou adquiridas dos maxilares e da mandíbula e os tumores da região oral e maxilofacial (SOTTO MAIOR, *et al.*, 2006).

A evolução da implantodontia na última década trouxe consigo a necessidade da utilização de técnicas de aumento dos rebordos ósseos maxilares, receptores dos implantes dentários, mediante enxertos ósseos e procedimentos para sua expansão (SEGUNDO, 2000). Dentre esses procedimentos visando o ganho de tecido ósseo, em altura e espessura, o enxerto ósseo é o mais utilizado (ARACIL *et al.*, 2003, KUABARA, 2001, STUANI, 2000).

Os enxertos, quanto à sua origem, podem ser autógenos quando obtidos do mesmo indivíduo, sendo este receptor e doador; exógenos quando obtidos de outro indivíduo com mesma carga genética; homogêneos quando obtidos de indivíduos diferentes com carga genética diferente, porém da mesma espécie e os heterógenos que são obtidos de outras

espécies. Dentre esses tipos de ossos utilizados nas enxertias, o autógeno é o mais compatível e o que mostra melhor resultado (CHENG *et al.*, 2010).

Os enxertos autógenos basicamente podem ser de dois tipos, em bloco ou esponjoso medular em partículas. Os primeiros constituem peças sólidas, cujas fontes são, por exemplo, a crista ilíaca, costela, tíbia ou outro osso adequado. Os enxertos esponjosos - medulares são obtidos pela curetagem do osso medular, da medula hematopoiética e do endósteo associado. O ilíaco é a localização mais comum para a sua obtenção. A principal desvantagem deste tipo de enxerto é a necessidade de outro local cirúrgico para a área doadora, além dos riscos de morbidade com o local doador (MARZOLA, 2005).

A maioria dos autores concorda que os enxertos autógenos são a melhor opção para a realização das reconstruções faciais (MULLINS e OGLE, 2001; PINTO e DONÁ, 2001; MARZOLA, 2005; CRUZ, 2006), pois são inertes, não produzem reação imunológica sendo remodelados pela reação osteoclástica e formação óssea, apesar de suas limitações e do grande desenvolvimento tecnológico em relação aos materiais aloplásticos (BARBOSA, 2003).

Em se tratando de uma reabsorção óssea severa em mandíbula, os enxertos de aumento proporcionam resistência às mandíbulas extremamente deficientes, além de altura e contorno de ossos adequados para a colocação de implantes e/ou próteses. Os tipos de materiais disponíveis para enxertia incluem o osso autógeno ou alógeno, além de materiais aloplásticos.

Dentro do grupo de materiais aloplásticos, encontra-se hidroxiapatita, cujo uso tem se tornado popular para aumento ósseo de maxila e mandíbula. O aumento do bordo superior da mandíbula com enxertos ósseos é indicado nos casos de grave atrofia, com altura e contorno inadequados para reabilitação, além de risco potencial de fraturas. Nesta técnica são empregados enxertos de crista ilíaca, costela ou ainda pequenas partículas de osso desidratado e liofilizado (SVANBORG *et al.*, 2011).

Entretanto, devido aos casos de reabsorção, morbidade na área doadora e necessidade de hospitalização, têm-se empregado materiais aloplásticos para a correção de mandíbula atrófica, sendo a hidroxiapatita o material de escolha e, por ser biocompatível quase se une física e quimicamente ao osso (MARX e SAUNDERS, 2001). Esta técnica dispensa a cirurgia complementar em área doadora, não ocorrendo à reabsorção do enxerto, podendo a cirurgia ser feita a nível ambulatorial. No entanto, às vezes é difícil conter o material no local pré-determinado e obter a altura desejada do rebordo. Com a evolução dos estudos, observou-se que o osso autógeno é superior a qualquer outro material, quanto à osteogênese inicial,

osteoindução, osteocondução e reabsorção com remodelamento ósseo, além de oferecer resultados mais previsíveis (MARZOLA, 2005).

A mandíbula, o osso parietal, porção escamosa do occipital, frontal, parte da asa maior do esfenoide, escápula e clavícula desenvolve-se pela via intramembranosa e, dessa forma não ocorre o aparecimento prévio de tecido cartilaginoso. Na região apendicular, membros e vértebras, as células participam no fenótipo endocondral, promovendo a ossificação condrogênica antes da osteogênica (TAGA *et al.*, 2000).

Além da origem embriológica deve-se avaliar a necessidade do local a ser enxertado, ou seja, as dimensões do defeito a ser recuperado para se determinar qual área doadora oferecem uma quantidade óssea suficiente para esse local. As fontes bucais apresentam como vantagens o fato de serem materiais eficientes, seguros e de fácil obtenção (TAGA *et al.*, 2000).

A costela humana também pode ser um doador para enxertos ósseos e, uma ou mais costelas, normalmente a quinta, sexta ou sétima, podem ser retiradas de qualquer lado da caixa torácica, podendo ser retirados até 10 cm do osso. As complicações para esta cirurgia podem ser a deiscência da ferida cirúrgica ou ainda um pneumotórax (MARZOLA, 2005).

A realização de enxerto ósseo possibilita a reconstrução da anatomia e devolve previsibilidade ao tratamento. A neoformação óssea ocorre por três mecanismos: osteogênese, osteoindução e osteocondução (ABRAHAMS, 2000). A osteogênese é caracterizada quando o próprio enxerto é suprido de células capazes de formação óssea (osteoblastos); a osteoindução é a capacidade do enxerto de estimular a atividade osteoblática do tecido ósseo adjacente (leito receptor) com neoformação óssea e na osteocondução células mesenquimais diferenciadas invadem o enxerto, promovendo a formação de cartilagem e em seguida a ossificação (RAGHOEBAR *et al.*, 2005).

Dentre os materiais de opção para a realização do enxerto temos: o osso alógeno, materiais aloplásticos, usualmente a hidroxiapatita e o osso autógeno, que pode ser obtido de áreas extrabucais como: osso ilíaco e calota craniana. Como também de áreas intrabucais como: túber, mento e região retromolar. Sendo o osso autógeno aquele que apresenta o padrão mais próximo do ideal para a reconstrução desta região (RAGHOEBAR *et al.*, 2005).

O critério para a seleção do material para enxerto é determinado pelas seguintes características: capacidade de produção óssea no seio por proliferação celular através de osteoblastos transplantados ou por osteocondução de células da superfície do enxerto, capacidade de produzir osso por osteoindução de células mesenquimais, capacidade do osso

inicialmente formado de se transformar em osso medular maduro, manutenção do osso maduro ao longo do tempo sem perda após entrar em função, capacidade para estabilizar implantes quando colocados simultaneamente com enxerto, baixa taxa de infecção, fácil acesso, baixa antigenicidade e alto nível de confiabilidade (SPIEKERMANN, BIESTERFELD e EDELHOFF, 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados nesse trabalho foram: alumina comercial: Al_2O_3 AKP – 53 Sumitomo Co. Japan, com 99,995% de pureza, tamanho de partícula de 0,2 μm e área superficial de 13,6 m^2/g; hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) P.A. fabricado pela VETEC; ácido fosfórico (H_3PO_4) P.A. fabricado pela VETEC; água deionizada (H_2O).

Obtenção do Fosfato de Cálcio (CaPs)

O fosfato de cálcio (CaPs) foi sintetizado pelo método de precipitação (7,8) envolvendo uma reação ácido-base denominada neutralização entre as soluções de ácido fosfórico (H_3PO_4) e hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$] com concentração 1M, obedecendo a relação de fósforo/cálcio = 1,67 (Leite *et al.,* 2018). A solução de hidróxido de cálcio foi submetida à agitação constante em um misturador/aquecedor IKA®RH *basic* KT/C até atingir a temperatura de 80 ^oC. Em seguida a esta solução, adicionou-se gota a gota a solução de H_3PO_4 previamente preparada, agitando constantemente, até atingir viscosidade de uma pasta que propiciou um meio adequado para manter em suspensão as partículas do CaPs. Depois de atingida a consistência da viscosidade desejada, a solução permaneceu em estufa FANEM Modelo 315 a 110 ºC por 24 horas.

Preparação dos Compósitos Al_2O_3/CaPs

Os compósitos de Al_2O_3/CaPs foram obtidos usando percentual de 10 e 30 % em massa de CaPs em relação a massa total da Al_2O_3. Os compósitos obtidos foram designados por 10C e 30C. Para obtenção das formulações dos compósitos de Al_2O_3/CaPs utilizou-se o seguinte procedimento: Em um becker de 100 mL foi colocado 60 mL de água deionizada e adicionado 30 g do pó da mistura de alumina e do CaPs, previamente pesados mantendo-se sob agitação constante durante 30 minutos em um agitador magnético modelo IKA®RH basic KT/C, a temperatura ambiente. A mistura resultante da formulação de cada compósito foi levada à estufa FANEM Modelo 315 por 24 horas a uma temperatura de 60 °C. Após a

secagem a mistura na forma de pó de Al_2O_3/CaPs, foram desaglomerados em almofariz ágata e passado em peneira ABNT N^o 100 (150 μm) e, então reservadas para conformação dos compósitos. A mistura Al_2O_3/CaPs de cada formulação foram compactadas na forma de pastilha com 10,0 mm de diâmetro e espessura em torno de 5 mm em um molde de aço tratado termicamente por meio de prensagem uniaxial 75 MPa.

Após a prensagem uniaxial as amostras foram prensadas isostaticamente com pressão de 260 MPa em prensa isostática marca AIP modelo CP 360. Os compósitos foram então, sinterizados a 1350 ºC/2h em um forno MAITEC, fabricação INTI, modelo FE1600. As condições de sinterização foram: taxa de aquecimento 2 ^{o}C/min até 400 ^{o}C/1h; taxa de aquecimento de 10 ^{o}C/min até 1350 ^{o}C/2h. A temperatura de 1350 ^{o}C/2h foi tomada como referência a temperatura de máxima densificação (taxa de retração linear máxima) obtida para a alumina comercial utilizada neste estudo CHINELATTO *et al.*, 2008.

As amostras e os compósitos foram caracterizados quanto à estrutura cristalina por difração de raios X. A partir dos dados de difração foi realizada a identificação das fases formadas, cálculo do tamanho de cristalito, e da cristalinidade. O equipamento utilizado foi LAB X Ray Difractometer 6000 da Shimadzu, com radiação monocromática de cobre.

Procedimento *In Vivo*

A implantação in vivo foi realizada pela introdução dos compósitos Al_2O_3/CaPs com concentração de 10 % (10C) e 30 % (30C) do CaPs em cobaias do tipo coelho (Oryctolagus Cuniculus), da raça Nova Zelândia, sendo utilizados 18 coelhos hígidos, adultos, machos. A idade variou entre 7 e 9 meses (média 8,1 + 1,11 meses) e o peso entre 1.800 e 3.500 g, com média de 2,511 + 586 g). A desvermifugação foi realizada com ivermectina (0,5 mg/kg) por via subcutânea.

Os animais foram divididos ao acaso em dois grupos, cada qual com nove coelhos, segundo o período de eutanásia (30 e 60 dias após o procedimento cirúrgico):

Grupo I – Recebeu os compósitos implantados (10C e 30C) e um orifício controle (padrão de referência) por 30 dias.

Grupo II – Recebeu os compósitos implantados (10C e 30C) e um orifício controle (padrão de referência) por 60 dias.

O orifício superior da tíbia direita face interna, de cada coelho, tanto para o período de 30 e 60 dias de eutanásia, receberam os compósitos com 30 %, o orifício médio receberam os compósitos com 10 % e o orifício inferior não recebeu nenhum compósito, servido de

controle. O procedimento cirúrgico foi realizado conforme os padrões estabelecidos de Cirurgia na Policlínica Veterinária de Campina Grande, sob a supervisão do médico veterinário Rodrigo Tavares Jordão de Vasconcelos CRMV 0828 - PB. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da UFCG. Cada animal recebeu de forma padronizada dois implantes (compósitos 10C e 30C) e um orifício controle (C) situado na metáfise proximal da tíbia direita, face interna. No pré-operatório cada animal foi submetido a jejum sólido por seis horas e líquido por uma hora A tricotomia foi feita com aparelho de tricotomia com lâmina n° 0, sendo compreendida desde a região femoral distal até o calcâneo. Aproximadamente 30 minutos antes do ato operatório foi feita a administração de cefalosporina na dose de (22 mg/kg via intravenosa IV). A medicação anestésica consistiu na associação de xilazina 10 mg/kg via intramuscular (IM) com cloridrato de quetamina de 10 mg/kg, misturadas na mesma seringa.

Os animais foram, colocados nas gaiolas para a recuperação da anestesia, em ambiente silencioso, com pouca luz, com um mínimo de manipulação, evitando assim estresse dos animais.

As Figuras 2, 3 e 4 ilustram os fluxogramas de todo o procedimento cirúrgico e o pós-operatório.



Figura 1 - Procedimento cirúrgico: (a) coelho anestesiado, (b) incisão, (c) exposição óssea, e (d) trepanação.

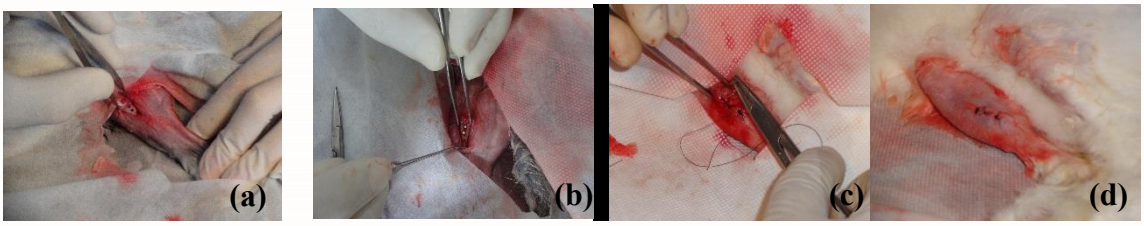


Figura 2 - Procedimento cirúrgico: (a) confecção do defeito, (b) implantação, (c) sutura, e (d) finalização da sutura.



Figura 3 - Pós-operatório: (a) curativo, (b) pós-operatório e (c) retirada dos pontos.

Após os procedimentos cirúrgicos foram sacrificados por eutanásia 9 coelhos com 30 (Grupo I) e 9 coelhos com 60 dias (Grupo II) A eutanásia foi realizada através da administração de anestésico em dose letal, conforme previsto pela Comissão de Ética em Pesquisa – CEP da UFCG. Os animais foram submetidos à após o procedimento cirúrgico. Inicialmente foi feita a administração de xilazina (3 mg/kg, IM) e cetamina (2 mg/kg, IM).

Depois de dois minutos após a indução anestésica foi induzida a parada cardíaca por administração de cloreto de potássio (100 mg/kg, IV). Confirmada a morte, foi removido o membro inferior direito de cada coelho, que foram radiografadas, realizando-se em seguida remoção das tíbias. O descarte dos coelhos após eutanásia foi feito por incineração no setor de patologia do Hospital Veterinário da UFCG.

Avaliação Radiológica – RX

As radiografias foram realizadas na posição média lateral (ML) do membro operado, com 30 e 60 dias de pós-operatório, visando acompanhar o processo de reparação óssea em torno do implante. Foi utilizado o equipamento de raios X Chemetron Universal X Ray Easymatic Super 325 da Clínica Radiológica Dr. Saturnino Nóbrega de Campina Grande, com auxilio da Prof[a]. Dr[a]. Denise Nobrega Diniz, chefe do setor de radiologia. O aparelho para emissão de raios X perpendicularmente mantinha a distância foco filme padronizada de 30 cm. Cada uma das 18 radiografias foi analisada separadamente e em conjunto com o seu referido grupo, onde foram avaliados a neoformação óssea, reabsorção óssea e fratura óssea em torno do implante, de acordo com os parâmetros descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Escala gradual para avaliação do grau de radiopacidade da lesão óssea produzida experimentalmente na tíbia de coelhos.

Graus de Radiopacidade	Valores atribuídos	Descrição da reação óssea
Radiopacidade ausente	0	Ausência de reação periosteal
Radiopacidade discreta	1	Reação periosteal apenas nas bordas da lesão óssea

Radiopacidade moderada	2	Reação periosteal nas bordas da lesão com radiopacidade evoluindo concentricamente sem consolidação completa da lesão óssea
Radiopacidade acentuada	3	Consolidação completa da lesão óssea

Fonte: AFFATATO, 2012.

Na avaliação radiográfica para os 18 coelhos nos dois grupos se tomaram como padrão para referência da radiopacidade, a região correspondente ao osso cortical remanescente (osso original) da tíbia dos coelhos. Então, de acordo com Azevedo (2011) a ausência de radiopacidade (grau 0), indica que em torno do implante existe uma área radiolúcida, que será reconhecida por um elo (anel) preto em volta do implante. Grau de radiopacidade discreta o escore apresenta grau 1, indicando que houve uma discreta reação periostal em torno do implante, sendo visualizado por um elo preto difuso em torno do implante.

Para a radiopacidade de escore grau 2, indica que existe uma atividade osteoblástica em torno do implante, sendo reconhecido por um elo com cor próxima a da radiopacidade apresentada pelo osso cortical remanescente (branco). Para a radiopacidade acentuada, com escore de grau 3, indica que ocorreu a completa reparação do osso, de forma que não se observa diferença entre o osso cortical remanescente e a área do implante ou do local do orifício controle.

As radiografias foram realizadas na posição média lateral (ML) do membro operado, com 30 e 60 dias de pós-operatório, visando acompanhar o processo de reparação óssea em torno do implante. Foi utilizado o equipamento de raios X Chemetron Universal X Ray Easymatic Super 325 da Clínica Radiológica Dr. Saturnino Nóbrega de Campina Grande, com auxílio da Profa. Dra. Denise Nobrega Diniz, chefe do setor de radiologia. O aparelho para emissão de raios X perpendicularmente mantinha a distância foco filme padronizada de 30 cm. Cada uma das 18 radiografias foi analisada separadamente e em conjunto com o seu referido grupo, onde foram avaliados a neoformação óssea, reabsorção óssea e fratura óssea em torno do implante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 encontra-se ilustrados os difratogramas de raios X dos compósitos Al_2O_3/CaPs sinterizados a 1350°C.

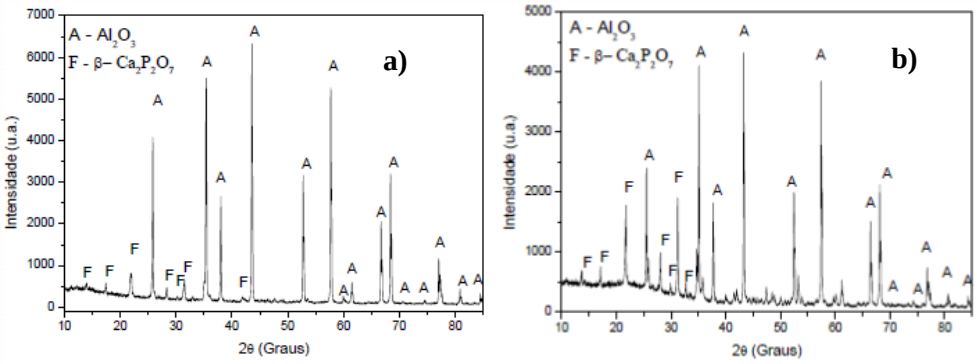


Figura 5 – Difração de raios – X dos compósitos: (a) 10C e (b) 30C.

Observa-se na Figura 5a, a presença da fase cristalina romboédrica da α-Al_2O_3 identificada pela ficha cristalográfica JCPDS 75 – 0783, sob a forma do mineral coríndon. Para a Figura 5b, compósitos com adição do CaPs, observou-se a presença da fase α-Al_2O_3 e presença da fase β-$Ca2P_2O_7$ identificado de acordo com a ficha JCPDS 09 - 0346. Importante ressaltar que o CaPs identificado pela fase β-$Ca_2P_2O_7$ foi a fase majoritária indicando que a sinterização a 1350 ^oC, não alterou a estrutura do CaPs.

A Figuras 6 ilustra o aspecto radiográfico na metáfise proximal das tíbias de 9 coelhos para período de eutanásia após 30 dias da realização do implante.

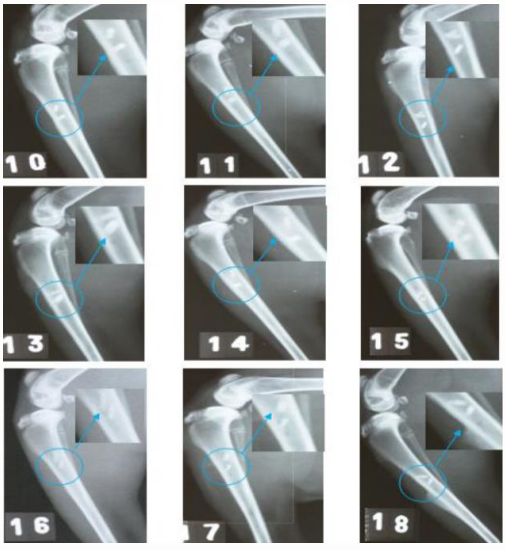


Figura 6 - Aspecto radiográfico das tíbias dos coelhos após 30 dias da realização do implante.

Mediante as radiografias da Figura 6, observa-se para os implantes 10C que todas as imagens radiográficas das tíbias dos nove (9) coelhos apresentaram escore com grau 3, ou seja, com radiopacidade semelhante a radiopacidade apresentada pelo osso cortical remanescente. Para o implante 30C, observa-se escore com grau de radiopacidade 3 para

todos os coelhos, exceto o coelho Nº 17, que apresentou escore com grau 2, indicando que a reparação óssea ainda se encontra em fase de neoformação óssea.

Para o orifício controle, verifica-se que só ocorreu neoformação óssea total, escore de grau 3, apenas para os coelhos Nº 12, 14, 16 e 18. Nos coelhos Nº 10, 11, 13e 17 foi observado escore de grau 2, indicando que a reparação óssea ainda se encontra em fase de neoformação óssea.

Apenas para o coelho Nº 15 foi observado para o orifício controle escore de grau 1 (radiopacidade discreta) indicando que houve uma discreta reação periosteal em torno do implante, sendo visualizado por uma região preta difusa.

A Tabela 2 mostra o resultado dos escores apresentados pelos implantes 10C e 30C, e o orifício controle para o período de eutanásia de 30 dias (grupo I).

Tabela 2 - Grau de radiopacidade da lesão óssea provocada experimentalmente em tíbias de coelhos preenchida com os implantes 10C e 30C e não preenchida (controle) com 30 dias de pós-operatório.

Coelhos	10C	30C	Controle
10	3	3	2
11	3	3	2
12	3	3	3
13	3	3	2
14	3	3	3
15	3	3	1
16	3	3	3
17	3	2	2
18	3	3	2

Mediante as radiografias da Figura 7, observa-se para os implantes 10C que todas as imagens radiográficas das tíbias dos 9 coelhos apresentaram escore com grau 3, ou seja, com radiopacidade semelhante a radiopacidade apresentada pelo osso cortical remanescente. Para o implante 30C, observa-se escore com grau de radiopacidade 3 para todos os coelhos, exceto o coelho Nº 17, que apresentou escore com grau 2, indicando que a reparação óssea ainda se encontra em fase de neoformação óssea.

A Figura 7 ilustra o aspecto radiográfico das tíbias dos coelhos após 60 dias da realização do implante.

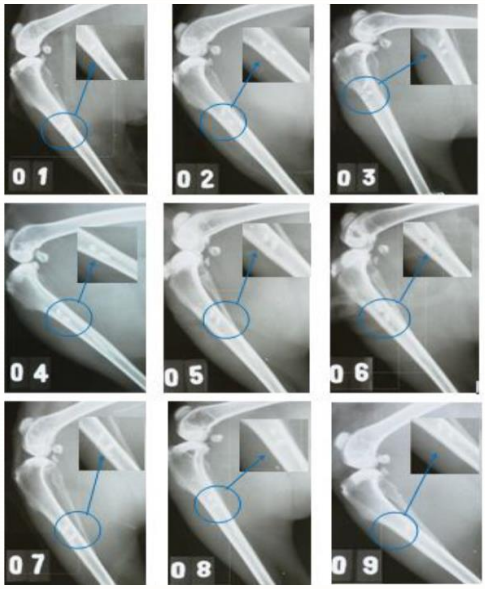


Figura 7 - Aspecto radiográfico das tíbias dos coelhos após 60 dias da realização do implante.

Para o orifício controle, verifica-se que só ocorreu neoformação óssea total, escore de grau 3, apenas para os coelhos Nº 12, 14, 16 e 18. Nos coelhos Nº 10, 11, 13 e 17 foi observado escore de grau 2, indicando que a reparação óssea ainda se encontra em fase de neoformação óssea. Apenas para o coelho Nº15 foi observado para o orifício controle escore de grau 1 (radiopacidade discreta) indicando que houve uma discreta reação periosteal em torno do implante, sendo visualizado por uma região preta difusa.

A Tabela 3 mostra o resultado dos escores apresentados pelos implantes 10C e 30C, e o orifício controle para o período de eutanásia de 60 dias (grupo II).

Tabela 3 - Grau de radiopacidade da lesão óssea provocada experimentalmente em tíbias de coelhos preenchida com os implantes 10C e 30C e não preenchida (controle) com 60 dias de pós-operatório.

Coelhos	10C	30C	Controle
01	3	3	2
02	3	3	2
03	3	3	3
04	3	3	3
05	3	3	2
06	3	3	1
07	3	3	2
08	3	2	3
09	3	3	2

Como reportado nas Tabelas 2 e 3, e Figuras 6 e 7, observou-se na incidência médio lateral dos raios X para os implantes 10C, tanto no grupo I quanto o grupo II, radiopacidade com escore grau 3, indicando a total neoformação óssea. Para os implante 30C também foi observada a radiopacidade de grau 3 para os grupo I e II, exceto o coelho Nº 17 com período de eutanásia de 30 dias que apresentou uma discreta radiopacidade com escore de grau 2.

Em relação ao orifício controle evidenciou-se uma considerável variação nos escores desde o grau 1 ao grau 3, tanto para o grupo I quanto para o grupo II, indicando presença de neoformação óssea. A análise estatística das tomadas radiográficas das tíbias dos coelhos para o período de eutanásia de 30 e 60 dias encontra-se descrita nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 1 - Avaliação do grau de radiopacidade da lesão óssea provocada experimentalmente em tíbias de coelhos preenchida com os implantes 10C e 30C e não preenchida (controle) com 30 dias de pós-operatório*.

Parâmetro	**30C (n = 9)**	**10C (n = 9)**	**Controle (n = 9)**
Variação	3 – 3	3 – 3	1 – 3
Mediana	3	3	2
Intervalo interquartil	3 – 3	3 – 3	2 – 3

p implante 30C e 10C = 0,47, p implante 30C com controle = 0,006, p implante 10C com controle = 0,02, * em nenhum grupo houve diferença dos parâmetros comparando-se 30 com 60 dias de pós-operatório.

Comparando os escores de radiopacidade nos coelhos submetidos à eutanásia com 30 e 60 dias, não se evidenciou nenhuma diferença significativa entre esses, motivo pelo qual não se apresenta a comparação de acordo com o tempo de sacrifício. Tanto com 30 como com 60 dias a mediana de radiopacidade foi de 3 nos orifícios preenchidos com os implantes 10C e 30C e de 2 no orifício controle. Não observamos áreas radiolúcida no entorno das implantações, apenas parcialmente no orifício controle, o que pode ter ocorrido em função do posicionamento do membro no momento da incidência do feixe de raios X.

Tabela 2 - Avaliação do grau de radiopacidade da lesão óssea provocada experimentalmente em tíbias de coelhos preenchida com os implantes 10C e 30C e não preenchida (controle) com 60 dias de pós-operatório*.

Parâmetro	**30C (n = 9)**	**10C (n = 9)**	**Controle (n = 9)**
Variação	3 – 3	2 – 3	1 – 3
Mediana	3	3	2
Intervalo interquartil	3 – 3	3 – 3	2 – 3

p implante 30C e 10C = 1,00, p implante 30C com controle = 0,006, p implante 10C com controle = 0,02.

Comparando a radiopacidade em torno dos implantes 10C e 30C em relação ao grupo controle, observou-se que a radiopacidade foi significativamente maior nos orifícios preenchidos com os implantes em relação ao controle (mediana de 2), p = 0,0005 e p = 0,0018, respectivamente, indicando que os valores de p experimentais foi menor que o p do método de Mann-Whitney (p < 0,05) (ALVES, 2013). Isto mostra que os grupos foram diferentes porque p foi menor que 0,05.

No entanto, não houve diferença no grau de radiopacidade dos orifícios preenchidos com os implantes 10C e 30C, ambos com mediana de escore de 3 (p = 0,47), mostrando que o valor de p foi muito próximo ao valor do método de Mann-Whitney (p < 0,05) (Tabela 14). Isto indica que entre os implantes 10C e 30C a diferença não foi estatisticamente significante.

Sá (2005) utilizou compósito cerâmico zircônia-hidroxiapatita em metáfise distal de fêmur de cães, evidenciando algum grau de radiopacidade na interface compósito-cortical aos 30 dias e em 100% aos 120 dias. Em nosso experimento, observamos que tanto com 30 como com 60 dias a radiopacidade foi quase absoluta, possivelmente devido ao comportamento histofisiológico dos coelhos. Este mesmo comportamento também foi observado no trabalho de Filgueira (2012), que utilizou compósito de quitosana-hidroxiapatita em coelhos.

CONCLUSÕES

- Todos os compósitos Al_2O_3/CaPs apresentaram fase majoritária da alumina e segunda fase pirofosfato de cálcio.
- O estudo *in vivo* indicou que o implante na concentração de 10 % de CaPs foi biocompatível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências de fomento, CNPQ, CAPES/Rede Nanobiotec-Brasil*;* Inct-INAMI e JHs Biomateriais;.

REFERENCIAS

ABRAHAMS, J. J.; HAYT, M. W.; ROCK, R. Sinus lift procedure the maxilla in patients with inadequate bone for dental implants: radiographic appearance. **American Journal of Roentgenology**, v. 174, p.1289-1292, 2000.

AFFATATO, S.; TADDEI, P.; CARMIGNATO, S.; MODENA, E.; TONI, A. Severe damage of alumina-on-alumina hip implants: Wear assessments at a microscopic level. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 32, p. 3647–3657, 2012.

ANDERSSON, J.; AREVA, S.; SPLIETHOFF, B.; LINDÉN M. Sol-gel synthesis of a multifunctional, hierarchically porous silica/apatite composite. **Biomaterials**, v. 26, p. 6827, 2005.

ANMIN, H.; MING, L.; DALI, M., Preparation and characterization of a titanium-substituted hydroxyapatite photocatalyst. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, v. 267, p. 79, 2007.

APARECIDA, A. H.; FOOK, M. V. L.; SANTOS, M. L.; GUASTALDI, A. C. Estudo da influência dos íons K^{+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-} e CO_3^{2-} na cristalização biomimética de fosfato de cálcio amorfo (ACP) e conversão a fosfato octacálcico (OCP). **Eclética Química**, v. 30 (4), p. 892-896, 2007.

ARACIL, L.; RODRIGO, D.; ALONSO, A.; BLANCO, J.; SANZ, J. Utilização de osso congelado proveniente de bancos para enxertos prévios à colocação de implantes ósseo -integrados - estudo prospectivo de 3 anos (resultados clínicos e histológicos). In: **Congresso ibérico I.T.I**. Lisboa, 2003.

BARBOSA, Q. O. Áreas Doadoras de enxerto autógeno para reconstruções faciais: Revisão de literatura. Bauru, SP. **Monografia** apresentada ao curso de Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial. AHB, APCD, p. 36-7, 2003.

BAUMANN, T. F.; GASH, A. E.; CHINN, S. C.; SAWVEL, A. M.; MAXWELL, R. S.; SATCHER, J. H. Synthesis of high-surface-area alumina aerogels without the use of alkoxide precursors. **Chemistry of Materials**, v. 17, p. 395-401, 2005.

CASTRO, R. H. R. Estudos da influência de aditivos na transformação de gama-alfa da alumina. **Tese (doutorado em Engenharia)** – Universidade de São Paulo, 2005.

CHENG L.; YE, F.; YANG, R.; LU, X.; SHI, Y.; LI, L.; FAN, H.; BU,H. Osteoinduction of hydroxyapatite/beta - tricalcium phosphate bioceramics in mice with a fractured fibula. **Acta Biomaterialia**, v. 6, p. 1569–1574, 2010.

CHINELATTO, A. S. A.; PALLONE, E. M. J. A.; TROMBINIC, V. ; TOMASI, R. Influence of heating curve on the sintering of alumina subjected to high-energy milling. **Ceramics International**, v. 34, p. 2121–2127, 2008.

CRUZ, M. Regeneração guiada tecidual. São Paulo: Ed. Santos, 2006.
FERNANDES, A. J. D. Fosfatos de cálcio modificados organicamente com mercaptopropil síntese, caracterização e aplicação. **Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Química)** - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

GAVRILOVIC, A. L.; PIATTELLI, A.; ABE, K., Nerve growth factor β (NGF β) delivery via a collagen/hydroxyapatite (col/Hap) composite and its effects on new bone ingrowth, **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, v. 14, p. 95, 2003.

GINEBRA, M. P.; ESPANOL, M.; MONTUFAR, E. B.; PEREZ, R. A.; MESTRES, G. New processing approaches in calcium phosphate cements and their applications in regenerative medicine. **Acta Biomaterialia**, v. 6, p.2863–2873, 2010.

GUASTALDI, A. C. e APARECIDA, A. H.Fosfatos de Cálcio de Interesse Biológico: Importância como Biomateriais, Propriedades e Métodos de Obtenção de Recobrimentos: Revisão. **Química Nova**, v. 33(6), p. 1352-1358, 2010.

HIJÓN, N. M.; CABAÑAS, V.; IZQUIERDO-BARBA, I.; GARCÍA, M. A.; VALLET-REGÍ, M. Nanocrystalline bioactive apatite coatings. **Solid State Sciences**, v. 8 (6), p. 685-691, 2006.

KAWACHI, E. Y., BERTRAN, C. A., REIS, R. R., ALVES, O. L., Biocerâmicas: tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar. **Química Nova**, v. 23 (4), p. 518-522, 2000.

KRIEGER, S. Biocerâmica. Universidade de São Paulo, v. 2, p. 1-6, 2003.

KUABARA, M. R. Avaliação clínica de enxertos ósseos autógenos de crista ilíaca em maxilas atróficas para instalação de implantes osseointegrados. **Dissertação (mestrado em Odontologia)** - Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2001.

LEE, Y. J.; KO, J. S.; KIM, H. M. The role of cell signaling defects on the proliferation of osteoblasts on the calcium phosphate apatite thin film. **Biomaterials**, v. 27, p. 3738, 2006.

LEGEROS, R. Z. ; LIN, S.; ROHANIZADEH, R.; MIJARES, D.; LEGEROS, J. P. Biphasic calcium phosphate bioceramics: preparation, properties and applications. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, v. 14 (3), p. 201-209, 2003.

LEITE, R. B.; ARAÚJO, P.; BATISTA, H.; SANTOS, P.; BEZERRA, D.; COSTA, A. Avaliação da Temperatura de Aquecimento Externo na Síntese por Reação de Combustão para Obtenção da Hidroxiapatita. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 13, n. 2, 2018.

MARX, R. E., SAUNDERS, T. R. Reconstruction and rehabilitation of cancer patients. In: FONSECA, R. J.; DAVIS, W. H., Reconstrutive preprosthetic, Oral and Maxillofacial Surgery, Philadelphia: Ed. W. B. Saunders Co., 1986, In: MARZOLA, C.; TOLEDO-FILHO, J. L.; RODRIGUES-SANCHES, M., P. R. Os Enxertos Ósseos e de Biomateriais e os Implantes Osseointegrados. **Revista Brasileira Cirúrgica Implantodontia**, v. 8 (30), p. 126-140, 2001.

MARZOLA, C. Fundamentos de Cirurgia Buco Maxilo Facial. CDR, Bauru: Ed. Independente, 2005.
MORAES, B. S. M. C. Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Compósitos Alumina-Zircônia para próteses Dentárias. **Tese (doutorado)**. Curso de Doutorado em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2004.

MULLINS, J. E.; OGLE, O. E. Total mandibular reconstruction with cancelous cellular bone graft, allogenic bone crib, and endosseous implants. **Compendium**, v. 22, p. 499 – 506, 2001.

NOELIA L.; D'ELÍA, A.; GRAVINA, N.; RUSO, J. M.; LAIUPPA, J. A. SANTILLÁN, G. E. MESSINA, P. V. Manipulating the bioactivity of hydroxyapatite nano-rods structured networks: Effects on mineral coating morphology and growth kinetic. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects, v.1830, p. 5014-5026, 2013.

PAIVA, P. R. P. Propriedades de Superfície de apatita proveniente de rocha de filtração carbonitica e sua concentração por flotação. **Tese de doutorado**, Universidade de Brasília, 2011.

PEZZOTTI, G.; MUNISSO, M. C.; PORPORATI, A. A.; LESSNAU, K. On the role of oxygen vacancies and lattice strain in the tetragonal to monoclinic transformation in alumina/zirconia composites and improved environmental stability. **Biomaterials**, v. 31 (27), p. 6901-6908, 2010.

PICONI, C.; MACCAURO, G.; MURATORI, F.; BRACH DEL PREVER, E. Alumina and zirconia ceramics in joint replacements. **Journal of Applied Biomaterials & Biomechanics**, v. 1, p. 19-32, 2003.

PINTO, J. T.; DONÁ, W. Enxerto ósseo autógeno bilateral em seio maxilar, com área doadora intrabucal: relato de caso clinico. **Revista Brasileira de Cirurgia e Implantodontia**, v. 8 (31), p. 216-9, 2001.

PON-ON, W.; CHAROENPHANDHU, N.; TANG, I-M.; JONGWATTANAPISAN, P.; KRISHNAMRA, N.; HOONSAWATF, R. Encapsulation of magnetic $CoFe_2O_4$ in SiO_2 nanocomposites using hydroxyapatite as templates: A drug delivery system. **Materials Chemistry and Physics**, v. 131, p. 485–494, 2011.

POWERS, M. P., BARKER, H. D. Oral and maxilofacial surgery – reconstructive and implant surgery. Philadelphia: Saunders Company, v. 7, p. 361 - 444, 2000.

RAGHOEBAR, G. M.; SCHORTINGVIS, J.; LIEM, R.S.; RUBEN, J. L.; VAN DER WAL, J. E. VISSINK, A. Does platelet-rich plasma promote remodeling of autologous bone grafts used for augmentation of the maxillary sinus floor? **Clinic Oral Implant Research**, Holanda, v. 16, p. 349-356, 2005.

SEGUNDO, T. K. Avaliação dos enxertos ósseos e homólogos utilizados em implantodontia. **Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 48 (4), p. 217-22, 2000.

SOTTO MAIOR, B. S. S.; OLIVEIRA, R. G.; FUSARO, B. F.; VIEIRA, F. D. D. Enxerto ósseo autógeno em seio maxilar com implantes imediatos: uma alternativa terapêutica para maxilas atróficas. **Estação Científica**, v. 1, p. 15, 2006.

SPIEKERMANN, Y. M.; BIESTERFELD, S.; EDELHOFF, D. Maxillary sinus augmentation using xenogenic bone substitute material Bio-Ossa in combination with venous blood: ahistologic and histomorphometric study in humans. **Clinic Oral Implantologia Research**, v. 11, p. 217–229. 2000.

STUANI, M. B. S. Indução experimental de ossificação com enxerto de hidroxiapatita, osso liofilizado e autógeno. **(Tese de Doutorado)**. Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2000.

SVANBORG, L. M.; HOFFMAN, M.; ANDERSSON, M.; CURRIE, F.; KJELLIN, P.; WENNERBERG, A. The effect of hydroxyapatite nanocrystals on early bone formation surrounding dental implants. **International Journal Oral Maxillo Facial Surgeons**, v. 40, p. 308 – 315, 2011.

TAGA, R.; CESTARI, T. M.; TAGA, E. M.; TAVANO, O. ; GRANJEIRO, J. M.Evolução de enxertos ósseos autógenos e alógenos colocados em defeitos ósseos de tamanho critico em calvária de cobaias. **Revista Brasileira de Cirurgia Implantodontia**, v. 7 (26), p. 37, 2000.

TAN, F.; NACIRI, M.; DOWLING, D.; AL –RUBEAI, MOHAME. *In vitro* and *in vivo* bioactivity of CoBlast hydroxyapatite coating and the effect of impaction on its osteoconductivity. **Biotechnology Advances**, v. 30, p. 352–362, 2012.

VANDERSCHOOT, P. Treatment Options and Development of a Vertebral Replacement. Implant, **Tese de Doutorado**. Holanda: Universidade Católica de Leuven, 2002.

WIJESINGHE, W.P.S.L.; MANTILAKA, M.M.M.G.P.G.; PREMALAL, E.V.A.; HERATH, H.M.T.U.; MAHALINGAM, S.; EDIRISINGHE, M.; RAJAPAKSE, R.P.V.J.; RAJAPAKSE, R.M.G. Facile synthesis of both needle-like and spherical hydroxyapatite nanoparticles: Effect of synthetic temperature and calcination on morphology, crystallite size and crystallinity. **Materials Science and Engineering**: **C,** v.42, p.83-90, 2014.
WONG , J. Y. , BRONZINO, J. D. Biomaterials, Publisher: CRC Press, 2007.

LEISHMANIOSE VISCERAL NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA, 2012-2017

Allan Batista Silva [1]
Henrique dos Santos Ramos Silva [2]
Rebeca Rocha Carneiro [3]
Rubia Dayane Fontes Monteiro [4]

RESUMO

A leishmaniose visceral (LV) é uma antropozoonose de caráter agudo e crônico, que pode levar o indivíduo a morte, quando não tratada. Tida como uma doença tropical negligenciada, a LV faz parte do grupo das seis doenças prioritárias no mundo. O presente estudo tem como objetivo analisar o perfil epidemiológico da LV no Brasil entre os anos de 2012 e 2017. Trata-se de um estudo ecológico com abordagem quantitativa, onde os dados foram coletados na base do SINAN. Entre 2012 e 2017 foram registrados 21.943 casos em todo Brasil. Observou-se que o número de casos notificados aumentou de 3.269 casos em 2012 para 4.456 casos em 2017, o que representa um crescimento de 36,31%. A região de maior prevalência foi a Nordeste, com 55,22% dos casos, seguido do Sudeste (19,71%), Norte (16,54%), Centro-Oeste (8,26%) e Sul (0,26%). A maioria dos casos notificados ocorreram em pessoas do sexo masculino (64,9%), com idade de 1 a 4 anos (24,06%), escolaridade da 5ª a 8ª série incompleto do ensino fundamental (10,15%), residentes da zona urbana (71,12%). Além do mais, 1.587 (7,23%) evoluíram para o óbito por LV no Brasil. Diante disso, verificou-se que a LV está em crescimento e em expansão em todo mais. Dessa forma, é importante que as ações de controle e prevenção da LV sejam revistas para modificar o atual quadro de prevalência da doença no país.

Palavras-chave: Leishmaniose, Leishmaniose Visceral, Perfil Epidemiológico.

INTRODUÇÃO

A leishmaniose visceral (LV), também conhecida popularmente como calazar, esplenomegalia tropical e febre dumdum, é uma antropozoonose de caráter agudo e crônico, que pode levar o indivíduo a morte, quando não tratada (BARROS *et al*., 2013). Possui como agente etiológico os protozoários do complexo *Leishmania*, que inclui as seguintes espécies: *Leishmania donovani*, *Leishmania infantum* e *Leishmania* chagasi. Seu principal vetor é o

[1] Doutorando em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, allandobu@gmail.com
[2] Mestrando em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, henriquesrs2@hotmail.com
[3] Mestranda em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, rebecamachadorocha@hotmail.com
[4] Mestranda em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, rubia_dayane2@hotmail.com

Lutzomyia longipalpis, conhecido popularmente como mosquito-palha, birigui, tatuquira, entre outros (CARDIM *et al*., 2018; SILVA, 2019).

A LV atinge várias espécies de mamíferos, inclusive o homem quando o mesmo entra em contato com o ciclo de transmissão do parasita (LISBOA *et al.*, 2016). Os cães são considerados os principais reservatórios domésticos do calazar e a principal fonte de infecção da doença no homem (ORTIZ; ANVERSA, 2015; ROCHA *et al.*, 2015).

Tida como uma doença tropical negligenciada, a LV faz parte do grupo das seis doenças prioritárias no mundo. Anualmente esta doença acomete cerca de 300 mil casos novos, sendo que 90% desses registros ocorrem nos seguintes países: Índia, Bangladesh, Sudão, Sudão do Sul, Etiópia e Brasil (REIS *et al.*, 2017; ORTIZ; ANVERSA, 2015).

A maioria dos casos dessa zoonose registrados no continente americano ocorrem na América Latina, sendo descritos em 12 países (DONATO, 2014). O primeiro registro da doença na América do Sul, foi feito em 1913 no Paraguai, por Migone ao analisar o material de necropsia de um paciente oriundo do município de Boa Esperança, Mato Grosso, Brasil (BRASIL, 2014). Provavelmente alguns casos continuaram ocorrendo esporadicamente, no entanto, foram confundidas com outras doenças tropicais devido ao estado febril característico, similar entre essas doenças endêmicas (REY, 2008; BASTOS, 2012).

Em 1934 Henrique Penna, durante a pesquisa epidemiológica da febre amarela, detectou a presença do parasito em amostras teciduais do fígado, obtidos por viscerotomia realizada após a morte de pessoas vindas das regiões Norte e Nordeste do Brasil (TELES, 2011; NEVES, 2016). Logo depois, entre 1936 e 1939, Evandro Chagas e seus colaboradores diagnosticaram o primeiro caso da doença em um ser humano vivo, assim como consideraram o flebotomíneo *Lutzomyia longipalpis* como o mais provável vetor, nomearam a espécie do parasito como *Leishmania (L.) chagasi* e demostraram os primeiros casos de infecção canina (CHAGAS *et al.*, 1937; BRASIL, 2014). Desse modo "teorias indicam a possibilidade do parasito ter desembarcado no Brasil através de cães infectados vindos do continente europeu, trazidos por colonizadores no século XVI" (BASTOS, 2012, p.05).

Até o início da década de 1950 foram registrado 379 casos da LV no Brasil, onde a transmissão ocorria predominantemente em áreas rurais ou silvestres (DONATO, 2014). Atualmente, no Brasil, segundo o Ministério da Saúde, mais de 3 mil novos casos da LV são registrados por ano, sendo Região Nordeste a mais acometida pelo agravo. No entanto, nas últimas décadas, esta zoonose vem apresentando expansão territorial e mudanças no seu padrão de transmissão (CARDIM *et al.*, 2016; SILVA, 2019).

Em 2006, com o intuito de conter o avanço territorial e reduzir a morbimortalidade da doença, O Ministério da Saúde publicou o Programa de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral (PVCLV), com medidas para o diagnóstico e tratamento precoce da LV humana, redução da população do vetor, eliminação dos reservatórios e atividades de educação em saúde (ZUBEN; DONASÍLIO, 2016). No entanto, essas medidas são atualmente consideradas ineficientes, diante do processo de expansão apresentado pelo calazar. Sendo assim, o controle da LV um grande desafio para os gestores (WERNECK, 2016; CARDIM *et al.*, 2016; ZUBEN; DONASÍLIO, 2016).

Desse modo, é de grande importância conhecer o perfil epidemiológico do calazar no Brasil, como forma de fornecer aporte necessário para a redefinição das estratégias de controle e prevenção da doença no país. Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar o perfil epidemiológico da LV no Brasil entre os anos de 2012 e 2017.

METODOLOGIA

O presente estudo é do tipo ecológico com abordagem quantitativa. Os dados referentes ao número de casos notificados da LV foram coletadas na base de dados do SINAN – Sistema de Informação de Agravos e Notificações, disponibilizado pelo DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (http://datasus.saude.gov.br/). Na base de dados do SINAN foram coletadas as variáveis: região geográfica, ano de notificação (2012 a 2017), sexo, faixa etária, escolaridade, zona, tipo de entrada (casos novos), coinfecção HIV – Vírus da Imunodeficiência Humana, diagnóstico parasitológico, diagnóstico sorológico e evolução (óbitos por LV).

Inicialmente as informações foram tabuladas e analisados no *Microsoft Office Excel* 2010. A partir desses dados foi calculado a Taxa de Incidência da LV a cada 100 mil habitantes: razão entre o número de casos novos e o número de habitantes em cada ano, multiplicado por 100 mil. Ressalta-se que o número de habitantes para cada estado foi colhido na base de dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). A taxa de incidência foi apresentada por meio de mapas, elaborados no *TerraView*, versão 4.2.2. Além do mais, também foi calculado a Taxa de Letalidade: razão entre o número de óbitos e o número de casos em cada ano, multiplicado por 100.

Além disso, também foi calculada a variação percentual (%) apresentada entre os anos de 2012 e 2017 por meio da seguinte fórmula:

$$\left({}^{(X_2 - X_1)}/_{X_1}\right) * 100,$$

onde X_1 corresponde ao valor apresentado no ano de 2012 e, X_2 ao valor referente ao ano de 2017.

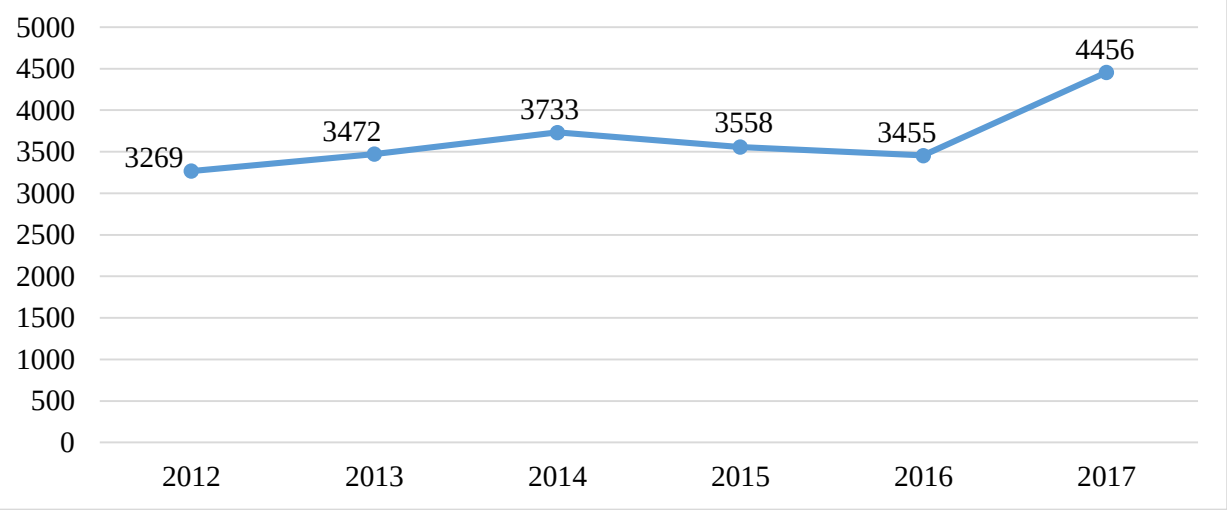
Por se tratar de dados de domínio público, onde não há identificação dos participantes da pesquisa, não se faz necessária a submissão e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, de acordo com a Resolução n° 466/12 e Resolução n° 510/16 do Conselho Nacional de Saúde.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição Geográfica da LV no Brasil

Entre 2012 e 2017 foram registrados 21.943 casos em todo Brasil. Na Figura 1 é possível observar que o número de casos notificados aumentou de 3.269 casos em 2012 para 4.456 casos em 2017, o que representa um crescimento de 36,31%.

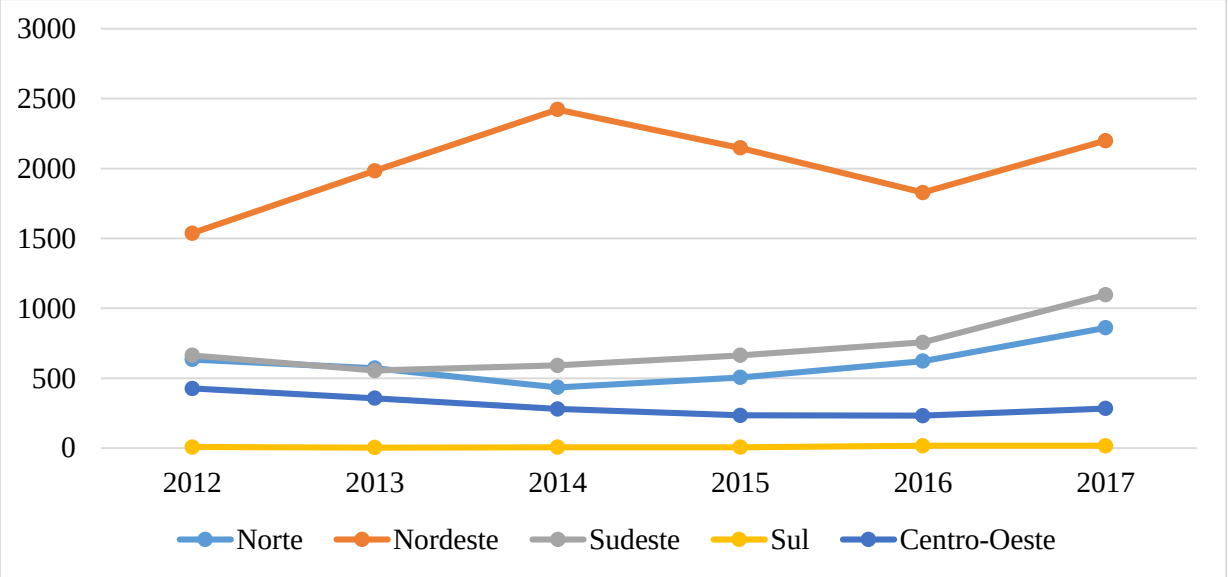
Figura 1: Distribuição anual do número de casos notificados de LV no Brasil, 2012-2017



No período em estudo, a região de maior prevalência foi a Nordeste com 55,22% dos casos, seguido do Sudeste (19,71%), Norte (16,54%), Centro-Oeste (8,26%) e Sul (0,26%). Na Figura 2 verifica-se que ao longo do anos a LV apresentou crescimento no número de casos novos na maioria das regiões brasileiras, com exceção da Região Centro-Oeste. Ao analisar a variação percentual do número de casos novos registrados em 2017 em comparação

a 2012, observou-se que nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul, houve um aumento de 35,8%, 43,07%, 65,06% e 142,86%, respectivamente. Enquanto isso, no Centro-Oeste esse número reduziu 33,72%.

Figura 2: Distribuição anual do número de casos de LV segundo Região Geográfica, 2012-2017



De acordo com o Atlas Brasil (2013), ao comparar os Censos de 2000 e 2010, realizados pelo IBGE, observou-se que no Brasil o número da população urbana aumentou consideravelmente de 137.953.959 para 160.925.792 pessoas, respectivamente. Esse deslocamento populacional e o processo de urbanização acelerado são um dos motivos para o aumento no número de casos de calazar no país, segundo estudiosos. A ocupação rápida e desordenada na periferia das cidades colocam a população em grande vulnerabilidade à infecção, pois essas pessoas passam a habitar em locais naturais de reprodução do vetor e ficam mais próximos dos reservatórios selvagens (WERNECK *et al.*, 2008).

No continente americano como um todo, o cão doméstico (*Canis familiaris*) é o principal reservatório do calazar em áreas urbanas, pelo fato da sua relação estreita com os seres humanos. No entanto, os canídeos em geral e outros mamíferos podem ser reservatórios eficientes do agente etiológico, como é o caso da raposa (*Dusicyon vetulus e Cerdocyon thous*) e os marsupiais (*Didelphis albiventris*), considerados reservatórios selvagens da LV (MIRANDA, 2008; ANVERSA; MONTANHOLI; SABINO, 2016; CASTRO, 2016). Ressalta-se que a ocorrência dos casos de calazar nos cães antecede os casos humanos e a

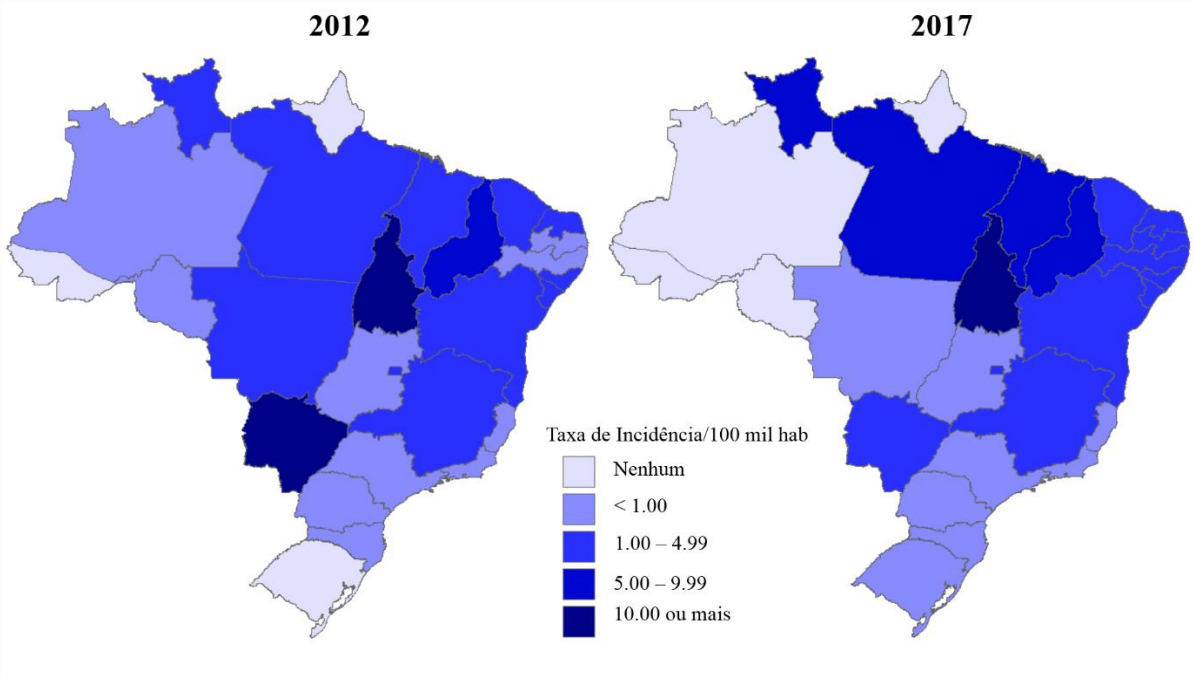
infecção é registrada em um número maior de cães (WERNECK, 2016). Por esse motivo que os cães domésticos são um dos principais alvos de ações de controle da doença no país.

No Brasil, a transmissão do parasita para o homem e outros hospedeiros ocorre predominantemente por meio da picada do flebotomíneo *Lutzomia longipalpis*. No entanto, em áreas específicas do estado do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul há também registros de transmissão pelo vetor *Lutzomyia cruzi* (GONTIJO; MELO, 2004; MARCONDES; ROSSI, 2013; ORTIZ; ANVERSA, 2015). Aumentando assim as possibilidades de propagar a doença no país.

Outros fatores, como a movimentação de cães entre áreas endêmicas e não endêmicas, e mudanças na ecologia do vetor, também podem contribuir para a dispersão geográfica da LV no Brasil. O vetor vem se adaptando as mudanças que o homem provoca no meio ambiente, resultando assim em novos focos da doença (MARCONDES; ROSSI, 2012; BARROS *et al.*, 2013; SILVA, 2019).

No ano de 2017 a maioria dos estados brasileiros apresentaram um aumento da taxa de incidência da LV por 100 mil habitantes em relação ao ano de 2012, como pode ser visto na Figura 3. O mais preocupante é que o número pessoas assintomáticas ou expostas à LV é superior a quantidade notificada (MARCONDES; ROSSI, 2012).

Figura 3: Distribuição da Taxa de incidência do da LV por 100 mil habitantes, segundo Unidade Federativa do Brasil em 2012 e 2017



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Ressalta-se que no ser humano o período de incubação é de 10 dias a 24 meses, com média entre 2 e 6 meses. Contudo a infecção pode permanecer oculta por anos até que ocorram estados de queda na imunidade, resultando no aumento da carga parasitária e na disseminação do parasita (BRASIL, 2014; DONATO, 2014). Além disso, o cão contribui consideravelmente para propagação da doença, pois na maioria das vezes os cães podem apresentar um quadro aparentemente sadio, mesmo estando com alta carga parasitária (BELO, 2012; ALONSO, 2014).

Fatores associados

Dentre o período analisado, verificou-se que do total de casos notificados, 14.242 (64,9%) eram do sexo masculino e 7.700 (35,1%) do sexo feminino. Além disso, ambos os sexos apresentaram aumento no número de casos registrados, porém no sexo masculino o percentual foi maior, como pode ser visto na Tabela 1.

De acordo com alguns pesquisadores, a LV é mais frequente nos homens devido a sua maior exposição ao vetor, em especial nos momentos de lazer, após o horário normal de trabalho, pelo fato de ser o horário de pico de atividade do vetor (OLIVEIRA; PIMENTA, 2014; ORTIZ; ANVERSA, 2015). O mosquito-palha, conhecido cientificamente por *Lutzomyia longipalpis*, é uma espécie de inseto que possui atividade crepuscular e noturna, encontrando-se próximo a sua fonte de alimento, no interior das residências e em abrigos de animais domésticos (MARTINS, 2011).

Tabela 1: Distribuição do número de casos segundo o sexo dos indivíduos, 2012-2017, Brasil

	2012		**2017**		**Variação**
Sexo	N	%	N	%	**percentual**
Masculino	2.079	63,6	2.902	65,13	28,36
Feminino	1.190	36,4	1.554	34,87	23,42
Total	3.269	100	4.456	100	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os grupos etários que apresentaram maior prevalência da LV entre 2012 e 2017 foram os de 1 a 4 anos e de 20 a 39 anos, registrando 5.280 (24,06%) e 5.070 (23,11%) dos casos

notificados, respectivamente. No entanto, o grupo de 40 a 59 anos foi o que apresentou maior crescimento de casos em 2017 ao comparar com os de 2012 (Tabela 2).

O calazar é uma doença que afeta todas as idades, no entanto é importante destacar que as crianças e os idosos são os grupos etários de maiores riscos, devido a sua imaturidade do sistema imunológico e ao frequente contato das mesmas com animais domésticos. Assim, quanto maior a incidência da doença em uma região, provavelmente será o risco para as crianças e os idosos (BARROS *et al.*, 2013; SILVA, 2019).

Tabela 2: Distribuição do número de casos segundo a faixa etária dos indivíduos, 2012-2017, Brasil

	2012		**2017**		**Variação**
Faixa etária	N	%	N	%	**percentual (%)**
Ignorado/Branco	1	0.03	0	0.00	-
Menos de 1 ano	285	8.72	364	8.17	21,7
1 a 4 anos	778	23.80	1.068	23.97	27,15
5 a 9 anos	285	8.72	377	8.46	24,4
10 a 14 anos	156	4.77	194	4.35	19,59
15 a 19 anos	175	5.35	216	4.85	18,98
20 a 39 anos	747	22.85	985	22.11	24,16
40 a 59 anos	558	17.07	858	19.25	34,97
60 anos ou mais	284	8.69	394	8.84	27,92
Total	3.269	100	4.456	100	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os resultados do presente estudo também mostram que quanto maior a escolaridade, menor o número de casos notificados de calazar (Tabela 3). Sendo que de 2012 a 2017 os indivíduos com escolaridade da 5ª a 8ª série incompleto do ensino fundamental foram os mais acometidos pela doença, registrando 2.228 (10,15%) dos casos. Na Tabela 3 também é possível verificar que o número de casos da LV em indivíduos com ensino superior completo reduziu 18,18% no ano de 2017 em relação a 2012.

As pessoas com baixa escolaridade tendem a hapitar locais de condições precárias de habitação, higiene e saneamento básico, que são áreas propícias para reprodução e propagação do vetor (SILVA, 2019). Além disso, dados como o do presente estudo reforçam a necessidade do ensino em saúde como ferramenta de promoção e prevenção de doença. Pois, como preconizado pelo PVCLV, as atividades educativas em saúde como uma das ações de

controle da LV pois orientam a população quanto as medidas profiláticas adequadas (ZUBEN; DONASÍLIO, 2016). No entanto, essas atividades de educação em saúde precisam ser aplicadas com uma linguagem adequada para a fácil compreensão da população.

Tabela 3: Distribuição do número de casos segundo a escolaridade dos indivíduos, 2012-2017, Brasil

	2012		2017		Variação
Escolaridade	N	%	N	%	**percentual (%)**
Ignorado/Branco	751	22.97	1.012	22.71	-
Analfabeto	88	2.69	154	3.46	42,86
1ª a 4ª série incompleto do EF	308	9.42	470	10.55	34,47
4ª série completo do EF	116	3.55	184	4.13	36,96
5ª a 8ª série incompleto do EF	361	11.04	423	9.49	14,66
EF completo	133	4.07	178	3.99	25,28
EM incompleto	108	3.30	167	3.75	35,33
EM completo	124	3.79	214	4.80	42,06
ES incompleto	12	0.37	17	0.38	29,41
ES completo	26	0.80	22	0.49	-18,18
Não se aplica	1.242	37.99	1.615	36.24	-
Total	3.269	100	4.456	100	-

Legenda: EF=Ensino Fundamental; EM=Ensino Médio; ES=Ensino Superior. Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Quanto a zona de residência, 15.605 (71,12%) dos indivíduos com calazar, registrados entre 2012 e 2017, moravam na zona urbana, no entanto a zona rural foi a que apresentou maior aumento ao longo dos anos, como pode ser visto na Tabela 4. Apesar de outros estudiosos apontarem que a LV está apresentando um caráter cada vez mais urbano (WERNECK *et al.*, 2008; MARCONDES; ROSSI, 2012; BARROS *et al.*, 2013; SILVA, 2019), verifica-se que a doença continua bastante presente na zona rural.

Tabela 4: Distribuição do número de casos segundo a localidade dos indivíduos, 2012-2017, Brasil

	2012		2017		Variação
Zona	N	%	N	%	**percentual (%)**
Ignorado/Branco	116	3.55	128	2.87	-

Urbana	2.456	75.13	3.074	68.99	20,1
Rural	659	20.16	1.218	27.33	45,89
Periurbana	38	1.16	36	0.81	-5,56
Total	3.269	100	4.456	100	-

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Os resultados do presente estudo também revelaram que no período em estudo 2.054 (13,96%) pessoas estavam com a coinfecção HIV/LV. Além disso, a coinfecção HIV/LV aumentou 21,58% em 2017 em comparação a 2012, sendo que ao todo foram registrados 2.054 (9,36%) casos de coinfecção HIV/LV (Tabela 5).

A LV e a infecção pelo HIV são doenças de grande importância para saúde pública, diante da sua magnitude, transcedência e expansão territorial (SOUSA-GOMES *et al.*, 2011). No Brasil, o número de casos novos de HIV vem aumenando ao longo dos anos. Em 2007 foram notificados 7.290 casos novos para todo país, já em 2017 esse número cresceu para 42.420 casos novos (BRASIL, 2018). Esse aumento é bastante preocupante pois os pacientes com HIV são imunologicamente fragilizados e consequentemente se tornam vulneráveis ao desenvolvimento da LV, aumentando também as chances de evoluírem para o óbito (CAVALCANTE; VALE, 2014). Outro fator de destaque é que o número de casos onde esta informação foi ignorada ou deixada em branco foi grande, reforçando assim a importância de realizar atividades de conscientização dos profissionais de saúde quanto a necessidade de realizarem o preenchimento completo da ficha de notificação.

Tabela 5: Distribuição do número de casos por coinfecção com HIV, 2012-2017, Brasil

	2012		**2017**		**Variação**
Coinfecção HIV	N	%	N	%	**percentual (%)**
Ign/Branco	805	24.63	887	19.91	-
Sim	327	10.00	417	9.36	21,58
Não	2.137	65.37	3.152	70.74	32,2
Total	3.269	100	4.456	100	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Além disso, destaca-se que para o diagnóstico da LV é levado em consideração os dados epidemiológicos, clínicos e laboratoriais. Os dois primeiros são definidos com base nas características epidemiológicas da área/região de residência ou de provável contaminação, e

nos sinais e sintomas apresentados pelo indivíduo. Já o diagnóstico laboratorial é baseado em testes parasitológicos e sorológicos (MIRANDA, 2008; BELO, 2012; ANDRADE, 2014). De acordo com Donato (2014), o ideal é que o diagnóstico definitivo seja confirmado por meio do achado do parasito em tecido infectado.

No exame parasitológico realiza-se a pesquisa do parasito por meio da observação direta de preparações do material colhido através da punção da medula óssea, baço, fígado e linfonodo. Vale ressaltar que, o aspirado deve ser examinado de acordo com a seguinte sequência: exame direto, isolamento em meio de cultura (*in vitro*) e isolamento em animais suscetíveis (*in vivo*). O PCR (amplificação do DNA do parasita) é outro método disponível na prática da patologia clínica que constitui em uma nova perspectiva para o diagnóstico da LV (BRASIL, 2014; BRASIL, 2017).

Apesar disso os exames sorológicos são mais utilizados, pois os parasitológicos não se encontram sempre disponíveis em todos os cenários de atenção. Isto porque no exame parasitológico o procedimento realizado é bastante invasivo e necessita de uma certa demanda específica para o método. Ademais há uma carência de profissionais habilitados e ambientes apropriados para a realização do exame (MIRANDA, 2008). No presente estudo foi visto que no Brasil, o exame sorológico é mais utilizado do que o exame parasitológico para confirmar a doença, como pode ser visto na Tabela 6.

Os LACEN – Laboratório Central de Saúde Pública do Estado, no Brasil, disponibilizam as técnicas de reação de imunofluorecência indireta (RIFI) e o teste rápido imunocromatográfico como teste de pesquisa de anticorpos anti-*Leishmania* (NEVES, 2016). Utilizada desde 1964, o RIFI é uma técnica simples que possui uma sensibilidade variando de 82 a 95%. Além disso, nos últimos anos, os testes rápidos de imunocromatográficos vem se destacando no avanço do diagnóstico da LV, pois são rápidos, apresentam uma sensibilidade de 90% e uma especificidade de 100%. Vale ainda lembrar que, além desses, o Ensaio de Imunoabsorção Enzimático (ELISA) também pode ser realizado para o diagnóstico do calazar (DONATO, 2014; NEVES, 2016).

Tabela 6: Distribuição do número de casos segundo disgnóstico parasitológico e sorológico, 2012-2017, Brasil

	2012		**2017**		**Variação**
Diagnóstico Parasitológico	N	%	N	%	**percentual**
Ignorado/Branco	4	0,12	15	0,34	-
Positivo	1.133	34,66	1.266	28,41	11,4

Negativo	301	9,21	299	6,71	-0,66
Não realizado	1.831	56,01	2.876	64,54	57,07
Total	3.269	100	4.456	100	-
Diagnóstico Sorológico*	N	%	N	%	
Ignorado/Branco	4	0,12	15	0,34	-
Positivo	1.473	45,06	1.707	38,31	15,89
Negativo	201	6,15	351	7,88	74,63
Não realizado	1.591	48,67	2.383	53,48	49,78
Total	3.269	100	4.456	100	-

*Reação de imunofluorecência indireta (RIFI); Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Para o tratamento da LV no Brasil são utilizados os seguintes medicamentos: antimonial pentavalente e a anfotericina B. Sendo que o Ministério da Saúde recomenda o antimoniato de N-metil glucamina como medicamento de primeira escolha para o tratamento da doença, porém sempre deve ser levado em consideração a faixa etária, presença de gravidez e comorbidades para a escolha do medicamento mais adequado. A vantagem de utilizar o antimonial pentavalente é que o mesmo pode ser administrado no ambulatório, diminuindo assim os riscos relacionado à hospitalização. Já a anfotericina B é utilizada no tratamento de gestante e de pacientes que tenham apresentado alguma contraindicação ou toxicidade relacionada ao uso dos antimoniais pentavalentes (BRASIL, 2014).

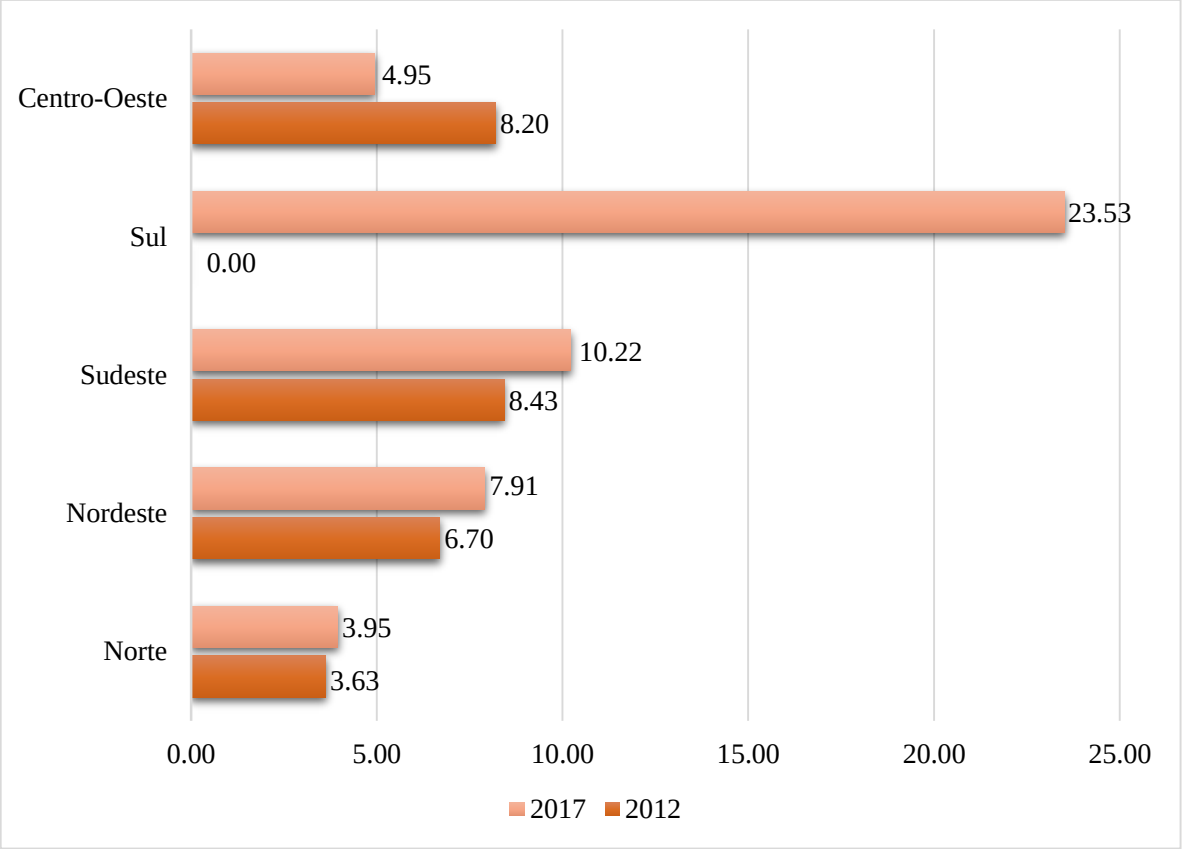
De acordo com Fernandes (2014), o antimonial pentavalente e a anfotericina B apresentam graves limitações, como o alto custo, alta toxicidade e difícil via de administração. Outra preocupação é que além do arsenal terapêutico ser limitado, essas drogas disponíveis vem apresentando baixa eficácia em áreas endêmicas, devido à crescente seleção de resistência. Por esse motivo, há a necessidade de desenvolver novos fármacos para o tratamento da doença.

Mortalidade e Letalidade

Do total de casos notificados, entre 2012 e 2017, 1.587 (7,23%) evoluíram para o óbito por LV no Brasil. A Região Nordeste teve um percentual de 54,44% do óbitos por LV no país, seguido do Sudeste (25,77%), Norte (10,14%), Centro-Oeste (8,95%) e Sul (0,69%). Ao comparar a taxa de letalidade apresentada em 2012 com a de 2017, observa-se que houve um aumento em todas as regiões geográficas, com excessão da Região Centro-Oeste (Figura 4).

Em 2017 as regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul tiveram um aumento na taxa de letalidade de 8,1%, 15,3%, 17,51% e 100%, respectivamente, enquanto que o Centro-Oeste teve uma redução de 65,66%.

Figura 4: Distribuição da Taxa de Letalidade segundo Região Geográfica em 2012 e 2017



É necessário destacar que nos seres humanos, a LV apresenta-se clinicamente caracterizada por febre irregular e prolongada, perda de peso, astenia, anemia, hepatoesplenomegalia, entre outros (BARROS *et al.*, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2014). Um fator preocupante é que esses sinais e sintomas são comuns a outras doenças, tornando o diagnóstico clínico da LV uma tarefa não tão simples, o que pode dificultar o diagnóstico precoce da doença (BARBOSA; GUIMARÃES; LUZ, 2016). Por esse motivo é importante que seja realizado o diagnóstico diferencial para as seguintes doenças: sarampo, escarlatina, dengue, exantema súbito, eritema infeccioso, enteroviroses, mononucleose infecciosa, toxoplasmose e infecção por citomegalovírus (BRASIL, 2017).

Tida como uma doença grave, os óbitos por LV são causados principalmente por infecções, hemorragias, anemia e falha no metabolismo hepático. O difícil acesso aos serviços de saúde pode gerar um diagnóstico tardio do agravo, dificultando assim o

tratamento adequado dos indivíduos e aumentando o risco de evolir para o óbito (BARROS *et al.*, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados, verificou-se que a LV é um grande desafio para a saúde pública no Brasil, pois a mesma mostrou-se presente na maior parte do país, sendo a Região Nordeste a de maior prevalência. Também foi possível observar que o número de casos notificados da doença está em crescimento em todas as regiões brasileiras, com exceção da Região Centro-Oeste, que apresentou redução no ano de 2017, quando comparado com 2012.

Além disso, ao comparar a ocorrência da LV no ano de 2017 com 2012, verificou-se que a mesma apresenta crescimento para todos os grupos populacionais, independente do sexo, faixa etária e escolaridade do indivíduo. Mesmo sem avaliar as ações das políticas públicas voltadas para o controle e prevenção do calazar, este trabalho trouxe informações que sugerem ineficiência e ineficácia nas atuais estratégias traçadas.

Diante do atual quadro apresentado pela doença, é importante que os gestores municipais e estaduais reestruturem e reorganizem as ações de controle de prevenção da LV no Brasil, com o intuito de reduzir e mudar a situação encontrada.

REFERÊNCIAS

ALONSO, R. S. **Leishmaniose visceral: estudo de reservatório canino na Ilha da Marambaia, município de Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil**. 2014. 89 f. Tese (Doutorado em Ciência) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2014.

ANDRADE, T. A. S. **Soroprevalência, fatores e aspectos clínicos associados à leishmaniose visceral canina em Goiana, estado de Pernambuco, Brasil**. 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia em Saúde) – Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2014.

ANVERSA, L.; MONTANHOLI, R. J. D.; SABINO, D. L. Avaliação do conhecimento da população sobre leishmaniose visceral. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 75, p.1685-93, 2016.

ATLAS BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/home/> Acesso em: 25 de Junho de 2019.

BASTOS, T. S. A. **Aspectos gerais da Leishmaniose Visceral**. 2012. 40 f. Trabalho apresentado como requisito para aprovação na Disciplina Seminários Aplicados, Mestrado em Ciência Animal, Escola Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

BARROS, L. M. *et al*. Aspectos clínicos e epidemiológicos da leishmaniose visceral em crianças. **Revista de Pesquisa Cuidado é Fundamental Online**, v.6, n.3, p.966-75, 2013.

BARBOSA, M. N. GUIMARÃES, E. A. A. LUZ, Z. M. P. Avaliação de estratégia de organização de serviços de saúde para prevenção e controle da leishmaniose visceral. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.25, n.3, p.563-74, 2016.

BELO, V. S. **Fatores associados à leishmaniose visceral nas Américas**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico HIV AIDS 2018**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

CARDIM, M. F. M. *et al*. *Leishmaniose visceral* no estado de São Paulo, Brasil: análise espacial e espaço-temporal. **Revista de Saúde Pública**, v.50, n.48, 2016.

CASTRO, C.O. **Análise da distribuição geográfica dos casos de leishmaniose visceral canina no município do Rio de Janeiro de 2011 a 2014**. 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2016.

CAVALCANTE, I. J. M; VALE, M. R. Aspectos epidemiológicos da leishmaniose visceral (calazar) no Ceará no período de 2007 a 2011.**Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 911-924, 2014.

CHAGAS, E.; CUNHA, A. M.; CASTRO, G. O.; FERREIRA, L. C.; ROMAÑA, C. Leishmaniose visceral Americana. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 32, n. 3, p. 321-480, 1937.

DONATO, L. E. **Influência de fatores socioeconômicos, demográficos e de saúde sobre a letalidade da leishmaniose visceral no Brasil**. 2014. 60 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

FERNANDES, L. R. M. **Leishmaniose: tratamento atual e perspectivas de novos fármacos.** 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade do Algarve, 2014.

GONTIJO, C. M. F.; MELO, M. N. *Leishmaniose visceral* no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 338-349, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população**. 2018. Disponível em: < ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/> Acesso em: 01 de Julho de 2018.

LISBOA, A. R. *et al*. Análise epidemiológica de leishmaniose visceral em municípios do sertão paraibano. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v.6, n.3, p.05-12, 2016.

MARCONDES, M.; ROSSI, C. N. Leishmaniose visceral no Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 50, n. 5, p. 341-52, 2013.

MARTINS, K. A. **Comportamento adaptativo de *Lutzomyia longipalpis* (*Diptera: Psychodidade*) às áreas urbanas da cidade de Tresina-PI.** 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MIRANDA, G. M. D. **Leishmaniose visceral em Pernambuco: a influência da urbanização e da desigualdade social**. 2008. 149 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2008.

NEVES, D. P. **Parasitologia Humana**, 13 ed. São Paulo: Atheneu, 2016.

OLIVEIRA, E. N.; PIMENTA, A. M. Perfil epidemiológico das pessoas portadoras de Leishmaniose visceral no município de Paracatu – MG no período de 2007 a 2010. **Revista Mineira de Enfermagem**, v.18, n.2, p.371-375, 2014.

ORTIZ, R. C.; ANVERSA, L. Epidemiologia da *Leishmaniose visceral* em Bauru, São Paulo, no período de 2004 a 2012: um estudo descritivo. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 97-104, 2015.

REIS, L. L. *et al*. Changes in the epidemiology of visceral leishmaniasis in Brazil from 2001 to 2014. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.50, n.5, p.638-45, 2017.

REY, L. **Parasitologia**: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

ROCHA, T. J. M. *et al*. Perfil epidemiológico relacionado aos casos de letalidade por leishmaniose visceral em Alagoas: uma análise entre os anos de 2007 a 2012. **Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicada**, v.36, n.1, p.17:20, 2015.

SILVA, A. B. **Distribuição dos casos de leishmaniose visceral e possíveis fatores que influenciam na sua ocorrência no estado da Paraíba**. 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado em Modelos de Decisão e Saúde) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

SOUSA-GOMES, M. L. *et al.* Coinfecção Leishmania-HIV no Brasil: aspectos epidemiológicos, clínicos e laboratoriais. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 519-526, 2011.

TELES, E. J. C. **Perfil epidemiológico da leishmaniose visceral em Barcarena, um município minerário no estado do Pará, Brasil**. 2011. 45 f. Dissertação (Mestrado

Profissional em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Belém, 2011.

WERNECK, G. L. Controle da leishmaniose visceral no Brasil: o fim de um ciclo? **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 6, 2016.

WERNECK, G. L. *et al*. Avaliação da efetividade das estratégias de controle da leishmaniose visceral na cidade de Teresina, Estado do Piauí, Brasil: resultados do inquérito inicial – 2004. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.17, n.2, p.87-96, 2008.

ZUBEN, A. P. B. V.; DONALISIO, Maria Rita. Dificuldades na execução das diretrizes do Programa de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral em grandes municípios brasileiros. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 6, 2016.

LUDICIDADE E EXPERIMENTO DEMONSTRATIVO NA REGÊNCIA DO ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO EM QUÍMICA II

José Gorete Pedroza de Lacerda [1]
Francisco Antonio Mabson Henrique Lopes [2]
Egle Katarinne Souza da Silva [3]
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira [4]

RESUMO

Desenvolveu-se a presente pesquisa com o objetivo de apresentar as atividades desenvolvidas e experiências vivenciadas durante o Estágio Curricular Supervisionado em Química II, componente curricular do curso de Licenciatura em Química, do Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande, realizado durante o período letivo 2019.1, na Escola Estadual de Ensino Fundamental Dom Moises Coelho, localizada na cidade de Cajazeiras-PB. Para o desenvolvimento das atividades de regência procurou-se utilizar outros recursos didáticos além do livro didático, como a ludicidade, experimento demonstrativo, confecção de um dicionário químico, além da contextualização dos conteúdos abordados com a própria vivência dos alunos envolvidos. Os resultados demonstram a grande importância de demonstrar a química relacionada ao cotidiano e aproximação da realidade cultural dos estudantes com a química. A confecção do dicionário proporcionou aos alunos o papel de agentes ativos na construção do conhecimento, que se deu de maneira coletiva e colaborativa.

Palavras-chave: Recursos Didáticos, Ludicidade, Experimento Demonstrativo, Contextualização.

INTRODUÇÃO

Atualmente as pesquisas voltadas para a formação de professores baseiam-se na suposição da extrema importância do Estágio Curricular Supervisionado (ECS) docente, pois é considerado o momento no qual o estagiário começa a articular a teoria com a prática. Em virtude disso, a ideia de que o estágio é constituído apenas como a "parte prática" é descartada, uma vez que reflexões teóricas, realizadas em disciplinas consideradas teóricas também contribuem para a formação da postura docente (VALSECHI; KLEIMAN, 2014).

Nesse contexto, o ECS é uma atividade complementar das atividades acadêmicas que ocorre de forma individualizada, onde cada discente recebe orientações pelo professor

[1] Mestre em Sistemas Agroindustriais pelo CCTA/UFCG. Professor do CFP/ UFCG; zegorete@gmail.com;
[2] Graduando do Curso de Licenciatura em Química do Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, mabsonlopes21@gmail.com;
[3] Mestranda em Sistemas Agroindustriais pelo Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da UFCG, eglehma@gmail.com;
[4] Graduando do Curso de Licenciatura em Química do Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, gutidantas12@gmail.com;

responsável pela disciplina e interliga o embasamento teórico recebido na prática do exercício de estágio. De acordo com Bueno (2014) o estágio supervisionado é o meio em que o estagiário consegue desenvolver uma postura crítica frente ao trabalho observado, isso é possível devido à flexibilidade de troca de conhecimento entre profissional-estagiário, mantendo assim uma parceria de convivência de modo que o estagiário descubra o real sentido do papel do professor.

Partindo da percepção sobre as verdadeiras condições em que se encontra a educação brasileira é indispensável que o desenvolvimento dos ECS seja pautado no entendimento de que a educação é a única responsável pela transformação e desenvolvimento social. Nessa perspectiva, apesar de todos os entraves e dificuldades que os professores e/ou estagiários enfrentaram no universo escolar é necessário que os mesmos tenham a convicção que é possível sempre fazer o melhor, pois a sociedade e o futuro necessitam de bons educadores. Conforme reforça Cury (2003, p.55): "educar é acreditar na vida, mesmo que derramemos lágrimas. Educar é ter esperança no futuro, mesmo que os jovens nos decepcionem no presente. Educar é semear com sabedoria e colher com paciência. Educar é ser um garimpeiro que procura os tesouros do coração".

O objetivo desta pesquisa é apresentar as atividades desenvolvidas e experiências vivenciadas, bem como a sua importância na formação de um discente durante o ECS em Química II, componente curricular do curso de Licenciatura em Química, ofertada pela Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza (UACEN) do Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) durante o período letivo 2019.1, vigência 11/03/19 a 06/07/19, na Escola Estadual de Ensino Fundamental Dom Moises Coelho, localizada na cidade de Cajazeiras-PB.

O PAPEL DA UNIVERSIDADE NA FORMAÇÃO DOCENTE

Desde o início da criação das universidades, mais especificamente dos cursos de licenciatura no Brasil, as inserções das disciplinas pedagógicas nos currículos, através das diretrizes que norteiam os cursos de formação de professores, vêm adquirindo um novo foco. Entretanto, apesar de ainda ocuparem um espaço muito pequeno, as disciplinas voltadas ao ensino e consequentemente à formação de professores vêm se tornando cada vez mais presentes nas grades curriculares das licenciaturas (GEHRING; CASTELA, 2015).

As disciplinas ofertadas nos cursos superiores possuem por si só o objetivo de agregação de conhecimento, por outro lado, há a necessidade complementar de elementos

contextualizados que se interliguem com outras disciplinas e a realidade cotidiana do futuro profissional e do público que o mesmo irá lecionar. Nesta perspectiva, não só o ECS como também o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), possui como um dos objetivos, promover a convergência dos conhecimentos adquiridos, possibilitando ao discente a canalização de forças para a futura estabilidade no mercado de Trabalho (KUAZAQUI; VOLPATO, 2013).

Entretanto, uma das maiores preocupações atuais e palco de grandes discussões é a diminuição da distância que existe entre as escolas e as universidades. Conforme afirmam Francischett, Girotto e Mormul (2012), a licenciatura do Brasil vem sofrendo erros significantes, pois há um grande privilégio dos conhecimentos teóricos e o contato com a realidade escolar ocorre apenas durante o estágio supervisionado. A lástima está no fato de que mesmo com todo o conhecimento teórico, esse não é suficiente para ensinar, pois a aprendizagem eficaz depende além do domínio, dos meios de como se ensina.

Os conhecimentos práticos pedagógicos se dão na formação docente, entretanto a prática pedagógica se desenvolve através da relação teoria-prática e não apenas da teoria, é só assim que o discente estará vivenciando o real processo de ensino aprendizagem, interligando a sala de aula com os estudos acadêmicos (TOZETTO, 2010).

A IMPORTÂNCIA DO ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO

Considerando que atualmente estão sendo requisitados profissionais bem preparados que demonstrem aptidão no seu exercício de trabalho, o ECS é uma experiência única na formação integral do profissional em formação. A academia oferece, sobretudo, o conhecimento teórico, o que dificulta a relação teoria-prática quando o discente não vivenciou significativamente momentos reais, tendo em vista uma análise de seu cotidiano (MAFUANI, 2011).

Nessa mesma perspectiva, Pimenta e Lima (2004), tratam essa atividade como duas conexões inseparáveis, a teoria e a prática, tendo em vista a concepção do professor no processo de ensino-aprendizagem e a educação como um processo de desenvolvimento do professor. Historicamente, essas duas conexões possibilitaram a compreensão do estágio como uma investigação incessante das práticas pedagógicas não somente nas escolas, mas em todas as instituições educativas.

Segundo Bianchi et al. (2005) o ECS é uma atividade no qual o estudante consegue relacionar a teoria com a prática, tornando perceptível se a profissão escolhida corresponde com as suas habilidades. Nesse viés, antes de ser imerso no campo prático, é preciso que o

licenciando compreenda, conceitue e identifique a importância do ECS, pois de acordo com Scalabrin e Molinari (2013, p. 1) "O Estágio Curricular Supervisionado, indispensável na formação de docentes nos cursos de licenciatura é um processo de aprendizagem necessário a um profissional que deseja realmente estar preparado para enfrentar os desafios de uma carreira [...]".

Portanto, de acordo com Nóvoa (1991) para se tornar professor é preciso uma disposição pessoal, dispondo-se de espaço e tempo para autoconstrução de conhecimento, é preciso recorrer-se sempre a reflexões sobre a profissão desde o primeiro dia em sala de aula.

> A formação do professor é algo muito especial. Da aplicação competente de seu conhecimento profissional vai depender o futuro de todos os que hoje, no papel de aprendizes, participarão do processo educativo. Daí decorre a necessidade de uma obra específica para o Estágio Curricular Supervisionado direcionada para a licenciatura (BIANCHI et al, 2005, p. 5).

Assim, a licenciatura está direcionada a futuros educadores, sendo estes o alicerce para a formação dos demais profissionais como advogados, políticos, executivos, gestores, médicos, engenheiros, entre outros grupos.

O licenciando, ao ser inserido na escola precisa estar ativo no que diz respeito ao desenvolvimento de ações mais abrangentes no âmbito do exercício da docência. Nesse sentido, é necessário que o estagiário observe, participe em sala de aula junto ao professor regente e ministre aulas, tornando-se assim, sujeito de sua ação, sendo esta ação mediada por todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, as práticas pedagógicas estão restritas apenas ao saber fazer ações no cotidiano escolar, para reverter essa situação é preciso ampliar tais práticas a pesquisas. Só assim o ECS tomará direcionamento às atividades que se baseiam em discussões entre os sujeitos da pesquisa (BARREIRO; GEBRAN, 2006; GARCEZ et al., 2012; PIMENTA; LIMA 2004).

A pesquisa aplicada ao estágio e o estágio aplicado à pesquisa é de grande importância principalmente para as disciplinas de Ciências/Química, por outro lado, os cursos de licenciatura nestas áreas vêm apresentando inúmeros problemas, uma vez que os professores não estão capacitados para atuar nas escolas de ensino fundamental e médio. Esse problema pode está intimamente relacionado com a organização curricular da maioria dos cursos de Licenciatura em Química, uma vez que não há uma interligação entre as disciplinas pedagógicas e as disciplinas de Química pura e aplicada, assim enfatizando dois caminhos paralelos individuais. Esse problema só é revertido nas disciplinas de Prática de Ensino de Química e Estágio Curricular Supervisionado (PIMENTA; LIMA 2004; SILVA; SCHNETZLER, 2008).

Por meio do ECS o futuro docente possui a oportunidade de ampliar os conhecimentos adquiridos durante a graduação, além da oportunidade de se posicionar como docente no ambiente onde também já foi aluno, é justamente nesse momento que o licenciando se (re)aproxima da realidade escolar apoiando-se em ações e concepções desenvolvidas na formação acadêmica. Dessa forma, o ECS apresenta-se como um momento único, possibilitando o amadurecimento intelectual da complexidade que compõem as práticas institucionais para sua futura atuação como docente (PAULA, 2009; PERELLÓ, 1998; BISCONSINI; OLIVEIRA, 2016).

Há ainda, uma mútua troca de saberes, gerando benefícios tanto para a universidade como para as escolas, uma vez que há uma integração muito forte entre ambas as partes. Essa interação colaborativa entre as instituições promove suporte para a formação dos futuros professores, uma vez que os universitários adquirem conhecimento com outros professores, além das práticas de atuação, por outro lado, as escolas também saem beneficiadas, uma vez que conta com novos olhares para a forma de funcionamento do ambiente educacional. Portanto, o estágio deverá ter uma perspectiva de funcionamento integrando a teoria e a prática, uma vez que estes integram a formação do educador (BRZEZINSKI, 1996; FREITAS, 1996; PIMENTA e LIMA, 2004).

IMPORTÂNCIA DA QUÍMICA COMO CONTRIBUIÇÃO SOCIAL

De acordo com Paz e Pacheco (2010) o desenvolvimento intelectual dos estudantes do Ensino Médio é centrado na qualidade com que os conceitos da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias são ministrados, visto que cada componente curricular tem uma razão, objetivo, sistema de conceitos e procedimentos metodológicos, estando associados consequentemente a atitudes e valores com que se dão a compreensão da natureza e suas transformações, sobretudo, a transformação humana mediante instrumentos culturais e interações sociais.

Nesse contexto, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de Química do Ensino Médio destacam que os componentes da área possuem em comum a investigação e desenvolvimento humano e tecnológico, e é justamente de acordo com ela que a escola compartilha, articula e compõe a cultura científica, estabelecendo inter-relação dos conceitos cotidianos e científicos, incluindo a diversidade da Ciência Química (BRASIL, 1996).

A disciplina de Química mesmo sendo relativamente nova tornou-se rapidamente um componente curricular obrigatório. No Brasil, a Química foi inserida como componente

curricular obrigatório em meados de 1931, tendo como principal objetivo a formação de cidadãos capazes de diferenciar a sociedade em uma constante evolução científica, uma vez que a disciplina propõe os conceitos de forma interpretativa do cotidiano (LIMA, 2012; MAIA JÚNIOR; COSTA; RODRIGUES, 2016).

Por outro lado, o Ensino de Química vem se transformando uma preocupação continua, uma vez que além das dificuldades dos estudantes em aprender Química, muitos desses não entendem o real significado de aprender Química, isso decorre do fato de que os conceitos químicos não são transmitidos de forma com que o aluno enxergue sua importância e contribuição social. Nessa conjuntura, muitas escolas enfatizam a transmissão contínua, memorização de fatos, fórmulas, símbolos e termos, deixando em segunda mão o desenvolvimento do conhecimento científico e a vinculação entre o conhecimento químico e o cotidiano. Assim, práticas como essa vêm influenciando negativamente a aprendizagem, uma vez que não é perceptível por parte dos alunos a relação entre o que se fala e o que se vive (MIRANDA; COSTA, 2007; PAZ; PACHECO, 2010).

Portanto, é preciso que a escola se posicione com metodologias atualizadas acompanhando a globalização, pois a aprendizagem Química baseia-se na possibilidade de compreensão das transformações químicas que ocorrem continuamente de forma abrangente e integrada. No entanto, vale frisar, que nem sempre o professor está apto para atuar de forma interdisciplinar e contextualizada (ROCHA; VASCONCELOS, 2016).

Ainda baseando-se em Rocha e Vasconcelos (2016) é visto a necessidade de priorizar a educação de forma contextualizada, problematizadora e dialógica, estimulando assim o raciocínio e percepção da importância socioeconômica da Química, frente a uma sociedade tecnológica. Diante disso é preciso que os educadores se questionem constantemente sobre o processo de ensino-aprendizagem, bem como das dificuldades existentes neste processo.

Nessa análise, Lima (2012) destaca que para a aprendizagem de Química seja além de eficiente possível, é necessário modificações rigorosas nos cursos de Licenciatura em Química, sobretudo, nas metodologias de ensino dessa ciência tão importante para o engrandecimento humano.

METODOLOGIA

O resultado das atividades desenvolvidas e experiências vivenciadas relatadas nesse escrito referem-se às práticas educacionas realizadas durante o Estágio Curricular Supervisionado em Química II do curso de Licenciatura em Química do CFP/UFCG, com

carga horária total de cento e cinco horas e de sete horas semanais. Desenvolvido na E.E.E.F. Dom Moises Coelho, com uma turma de 30 alunos do primeiro ano do Ensino Médio, turno matutino.

O ECS deu-se inicio após a celebração e aprovação dos termos pelo CFP, seguida da primeira visita a escola para caracterização do espaço escolar e familiarização com os funcionários do estabelecimento. Depois de realizado o período de observação, o discente iniciou o período de regência com a turma supracitada.

Para o desenvolvimento das atividades referente à regência do ECS em Química II procurou-se não apenas utilizar o livro didático de modo automático, mas demonstrar a Química utilizando-se de recursos lúdicos, experimento demonstrativo, confecção de um dicionário químico, além da contextualização dos conteúdos abordados com a própria vivência dos alunos envolvidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia inicial da regência além de procurar uma maior familiarização com a turma, foi ministrada uma aula contextualizada dialogada sobre substâncias e misturas, visto o *déficit* de aprendizagem apresentado por parte dos alunos e falta de informações por parte do professor. Essa aula foi elaborada iniciando-se a falar sobre os elementos químicos, associando estes às substâncias simples puras e compostas, exemplificando bronze como uma mistura, que é utilizado para construção de estátuas, além do latão, usado para construção de instrumentos musicais.

Dando continuidade a esta aula, optou-se por inserir o lúdico para demonstrar como os átomos se unem para formar moléculas, associando assim, as características das substâncias químicas e misturas. Nesse viés, foram utilizadas tampas de garrafa de Politereftalato de Etileno (PET) na cor preta para átomos de Carbono, branca para átomos de Hidrogênio e vermelha para átomos de Oxigênio (Figura 01).

Figura 01 – Modelo de tampas utilizadas para confeccionar moléculas.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Em seguida foram relembradas as transformações físicas da matéria, interligando-as com a curva de aquecimento de substâncias e misturas. Por outro lado, para exemplificação de misturas homogênea e heterogênea, foi discorrido sobre a composição química do ar, da água da torneira, gasolina e óleo de cozinha, para quantificação de fases e componentes utilizaram-se como exemplo, solução de cloreto de sódio (sal de cozinha) e um sistema com gelo, água e areia.

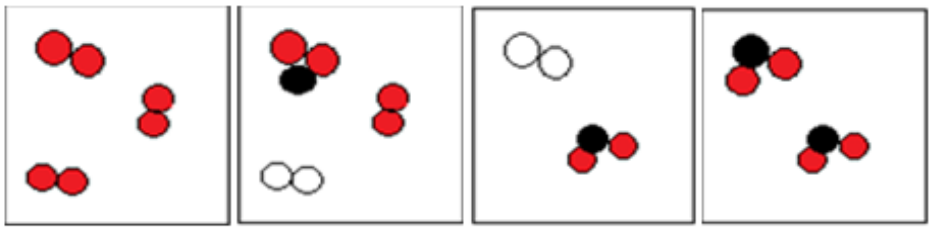
Havendo uma contextualização durante a aula, é perceptível a aproximação dos conceitos científicos a própria vivência dos discentes. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), ao contextualizar o conteúdo nas aulas assume-se automaticamente uma relação sujeito-objeto, dessa forma dando um novo significado ao conhecimento escolar (BRASIL, 1999).

Para conclusão foi solicitado um exercício de fixação, conforme quadro 01.

Quadro 01 – Exercício de fixação referente conteúdo de substâncias e misturas químicas.

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO

1. Como você define um elemento químico e qual sua relação com as substâncias conhecidas?
2. Sabendo que existem dois tipos de substâncias puras, qual delas pode ser formada por apenas um elemento químico? E por dois ou mais elementos químicos? Exemplifique.
3. Qual a diferença de mistura e substância? Como diferenciá-las?
4. Dado os sistemas abaixo os classifique quanto à mistura e substância:



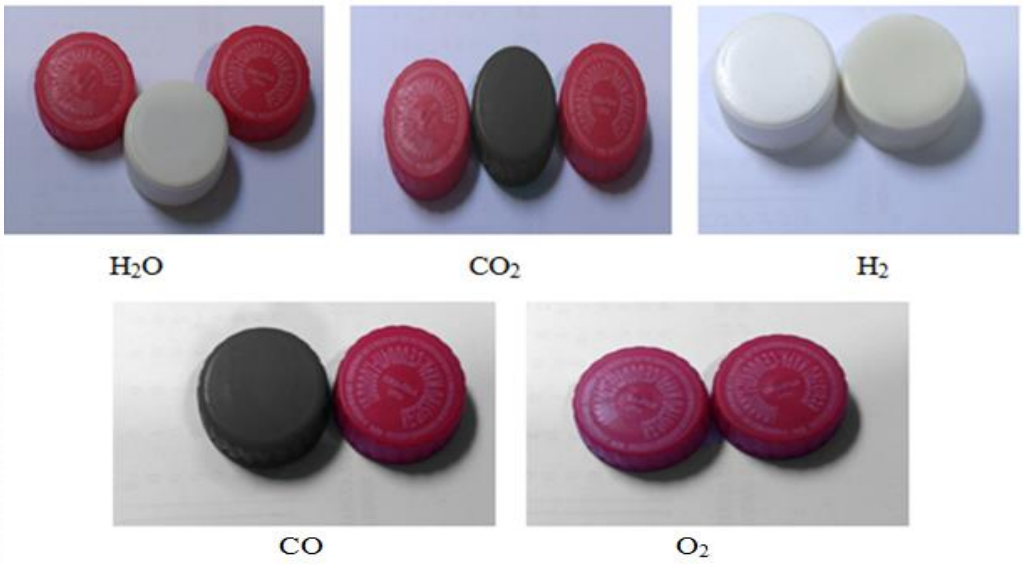
(I) (II) (III) (IV)

Fonte: Próprio autor, (2019).

As questões foram elaboradas pelo próprio estagiário, a resolução desse exercício foi realizada no início da segunda aula de regência, elaborada conforme. Observou-se que boa parte da turma tinha respondido pelo menos as três primeiras questões, sempre conseguindo eficientemente se aproximar das definições científicas. Por outro lado, nenhum dos estudantes conseguiu visualizar a resolução da quarta questão, para solucionar esse problema de forma

diferenciada foram construídas pelos alunos moléculas de H2O (água), CO2 (gás carbônico), H2 (gás hidrogênio), CO (monóxido de carbono) e O2 (gás oxigênio), conforme visto na Figura 02.

Figura 02 – Moléculas confeccionadas.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Durante essa aula, foi possível ver o quanto o lúdico facilita a aprendizagem e visualização da Química, visto que os objetivos dessa aula foram alcançados a partir do momento em que os próprios alunos se questionavam entre si sobre o assunto e consequentemente sugerindo respostas concretas e muito próximas de conceitos científicos. Portanto, fica claro a diferenciação de sustâncias puras simples, compostas e misturas.

De acordo com Soares (2004), o lúdico pode ser definido como uma ação a qual há a presença de divertimento e prazer para o sujeito em questão. Esse pode ser utilizado para facilitar o processo de ensino-aprendizagem de Química, uma vez que a dificuldade nesse processo ao se tratar de ciências exatas é uma realidade comumente encontrada pelos professores.

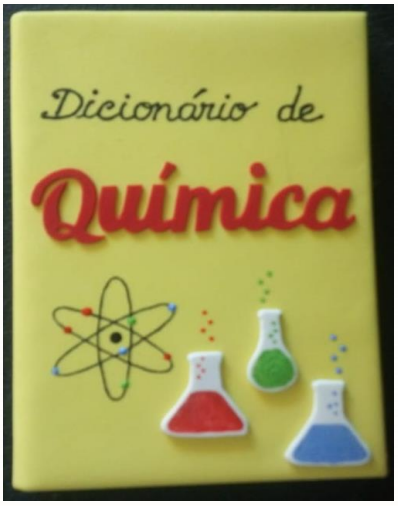
Para contextualizar misturas e separações de misturas, conforme plano de aula solicitou-se que os alunos elaborassem um seminário onde deveriam exemplificar misturas encontradas no dia a dia e/ou fazerem suas próprias misturas, abordando características físicas e químicas, bem como os possíveis métodos de separações das misturas exemplificadas.

Durante as apresentações dos seminários foi visto que os estudantes demonstraram interesse, tendo conhecimento e segurança enquanto falavam sobre o assunto. Poucas vezes não conseguiam associar o conteúdo de misturas a um método de separação correto, mas no geral apresentavam além das caraterísticas, definições muito próximas dos conceitos

científicos. Nesse momento os discentes foram autores de seus próprios conhecimentos, trabalhando dessa forma diversas competências, que variam desde o trabalho em equipe até o desenvolvimento de comunicação.

O último conteúdo ministrado foi o de ligações químicas, mais especificamente a ligação química iônica. Para iniciar esse assunto, conforme planejamento foi divido a turma em cinco equipes, cada equipe escolheu uma palavra em um livro didático levado pelo estagiário, no capítulo de ligações químicas para defini-la corretamente, apenas a equipe que consultava o livro saberia da definição correta, assim dinamizou-se a aula através de acertos e erros e do diálogo entre os membros da mesma equipe e a socialização e discussão com as demais, de acordo com as definições químicas apresentadas. A partir das definições foi confeccionado um dicionário químico, como visto na figura 03, o qual ficou com a turma como sugestão para o professor utilizar nos demais assuntos ao decorrer do ano.

Figura 03 – Dicionário químico confeccionado.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Com a confecção do dicionário, os alunos se questionaram sobre o que diferenciava tantos materiais existentes na natureza. Logo, fazendo com que os próprios alunos fossem autor de seu próprio conhecimento, foi solicitado uma pesquisa sobre o uso dos materiais e suas propriedades, assim a turma realizou um estudo sobre a constituição de metais, vidro, tijolos, fibras vegetais entre outros, conforme planejamento.

Por fim, e consequentemente na última aula de regência, foi ministrada aula sobre as ligações químicas iônicas de forma exemplificativa dialogada, utilizando um experimento demonstrativo sobre a condutividade elétrica de soluções iônicas (Figura 04). O experimento demonstrativo fez com que os alunos se questionassem o porquê da condutividade elétrica no

ácido acético e não condutividade elétrica na solução de açúcar de cozinha, mediante esse questionamento foi possível caracterizar a ligação química iônica através de suas cargas.

Para Força, Laburú e Silva (2011) a experimentação demonstrativa denomina-se como sendo experimentos laboratoriais realizados pelo professor, e que o aluno assume o papel de assimilador. Logo essa atividade possui como objetivo ilustrar e exemplificar o conhecimento teórico, chamando assim atenção e o interesse do aluno em aprender.

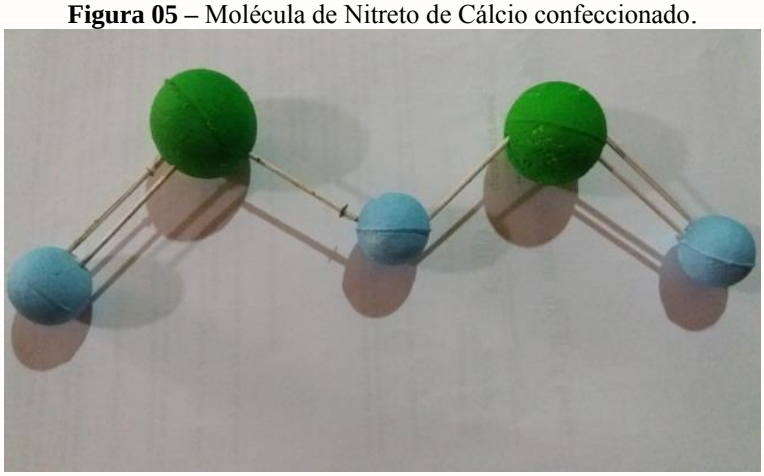
Figura 04 - Materiais e substâncias químicas utilizadas para experimento.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Ao término da aula os alunos foram desafiados a representarem a molécula de Nitreto de Cálcio Ca_3N_2 utilizando bolinhas de isopor e palito de dente, direcionando em palavras o cátion e o ânion na ligação (Figura 05).

Figura 05 – Molécula de Nitreto de Cálcio confeccionado.



Fonte: Próprio autor, (2019).

O modelo de molécula construída foi útil no sentido de visualização macroscópica, sendo identificadas corretamente quais as cargas características a cada átomo dos elementos que constituem a molécula. Além disso, os alunos apresentaram conhecimento suficiente para

indicar quantas e quais ligações químicas deveriam ser feitas entre os átomos do Nitrogênio e Cálcio para ambos obterem estabilidade eletrônica.

Com tal descrição, é possível afirmar que durante todo o período de estágio foi observado que os alunos apresentaram facilidade em aprimorar seus conhecimentos sobre os assuntos abordados. Comprovando assim a importância da contextualização para o ensino de química, demonstrando ainda, que o processo de ensino-aprendizagem de química pode ser diversificado de maneira prática e simples, o que aproxima o alunado e convida-lhes a se apropriar do mundo químico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estágio Curricular Supervisionado em Química II ora apresentado, representa uma realidade prática de boa parte da teoria vista nas disciplinas pedagógicas durante a formação acadêmica, constituiu-se como a oportunidade de vivenciar a realidade escolar, especificamente de uma escola pública, e ainda ter o prazer de ministrar aulas e verificar o desempenho dos alunos quanto à disciplina de Química na Educação Básica.

Nesse contexto, ao longo dessa experiência, foi possível estabelecer uma visão prática do exercício de docência, e por meio das aulas ministradas em que buscou-se utilizar o lúdico para melhor entendimento e compreensão dos conteúdos abordados, além da contextualização com exemplos práticos do cotidiano do alunado.

A confecção do dicionário químico colocou os alunos como agente ativo do processo de construção do conhecimento, proporcionou o trabalho coletivo e colaborativo, em que cada membro das equipes deu sua parcela de contribuição para o desenvolvimento, além de estimular a pesquisa científica no momento de busca no livro didático pelas definições corretas dos termos escolhidos, o que proporcionou troca de conhecimento e diálogo.

Nessa ótica, o estágio é o momento em que o graduando tem a oportunidade de vivenciar na prática as bases teóricas vista na graduação, independente do grau a ser obtido. Em síntese, é durante o estágio que o futuro professor de Química recebe a oportunidade de confirmar os desafios e os encantos de ser professor, assim, torna-se imprescindível relacionar a prática docente a um sacerdócio, porque ensinar está além de simplesmente repassar conteúdos.

REFERÊNCIAS

BARREIRO, I. M. F; GEBRAN, R. A. **Prática de Ensino e Estágio Supervisionado na Formação de Professores.** São Paulo: Cortez, 2006.

BIANCHI, A. C. M; et al. Orientações para o Estágio em Licenciatura. São Paulo: **Pioneira Thomson Learning**, 2005.

BISCONSINI, C. R; OLIVEIRA, A. A. B. O Estágio curricular supervisionado na formação inicial para a docência: as significações dos estagiários como atores do processo. **Motrivivência**, v. 28, n. 48, p. 347-359, set., 2016.

BRASIL, Ministério de Educação e cultura. Lei 9394/96 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

BRZEZINSKI. **I Pedagogia, pedagogos e formação de professores**. 8. Ed. Campinas: Papirus, 1996.

BUENO, Luzia. O estágio supervisionado e a voz social do estagiário. **Raído**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Letras da UFGO, Dourados, v. 8, n. 15, p.191-202, 15 jan. 2014. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/Raido/article/view/3140/1757>. Acesso em: 25 jun. 2019.

CURY, Augusto. **Pais brilhantes, professores fascinantes**: A educação inteligente; formando jovens educadores e felizes. Rio de Janeiro: Editora Sextante, 2003.

FORÇA, A. C; LABURÚ, C. E; SILVA, O. H.M. **Atividades experimentais no ensino de física: Teorias e práticas**. In: Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas/SP, 2011.

FRANCISCHETT, M. N; GIROTTO, E. D; MORMUL, N. M. O PIBID como política pública de permanência no ensino superior e de formação de professores: um estudo de caso. **EducereetEducare**, Cascavel, v. 7, n. 13, p. 82-102, 2012.

FREITAS, H. C. L. de. **O trabalho como princípio articulador na prática de ensino e no estágios**. 5. ed. Campinas: Papirus, 1996.

GARCEZ, E. S; et al. O Estágio Supervisionado em química: possibilidades de vivência e responsabilidade com o exercício da docência. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.5, n.3, p.149-163, 2012.

GEHRING, F. M. M; CASTELA, G. S. O papel da universidade na formação inicial de professores: Um olhar para os projetos políticos pedagógicos do curso de Letras de uma Universidade pública. **Travessias**: **Pesquisa em Educação, Linguagem e Arte,** Cascavél, v. 2, n. 10, p.26-44, jun. 2015.

KUAZAQUI, E; VOLPATO, L. A. Empregabilidade, empreendedorismo e estágio supervisionado. **Revista de Carreiras e Pessoas (ReCaPe).** v. 3, n. 1, 2013.

LIBÂNEO, J. C. **Adeus professor, adeus professora? Novas exigências educacionais e profissão docente**. 7ed. São Paulo: Cortez, 2002.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química, 2012. **Revista Espaço Acadêmico**, 12(136), 95-101. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2013/quimica_artigos/perspect_novas_metod_ens_quim.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

MAFUANI, F. **Estágio e sua importância para a formação do universitário**. Instituto de Ensino superior de Bauru. 2011. Disponível em: <http://www.iesbpreve.com.br/base.asp?pag=noticiaintegra.asp&IDNoticia=1259.> Acesso em: 25 jun. 2019.

MAIA JÚNIOR, L. de S.; COSTA, G. dos S.; RODRIGUES, W. V. Dificuldades de aprendizagem em Química de alunos do Ensino Médio na Escola Cônego Aderson Guimarães Júnior. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 03., 2016, Natal. **Anais... .** Natal: Realize Eventos, 2016. p. 01 - 06. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD4_SA18_ID11489_16082016235818.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

MIRANDA, D. G. P; COSTA, N. S. **Professor de Química: Formação, competências/ habilidades e posturas**. 2007.

NÓVOA, António. "Os professores: em busca de uma autonomia perdida?". **In: Ciências da Educação em Portugal - Situação actual e perspectivas**. Porto: SPCE, 1991.

PAULA, G. S. Novos sentidos para velhas questões: limites e possibilidades de uma proposta de ensino desenvolvida durante o estágio supervisionado em ciências. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2008. Florianópolis.

PAZ, G. L.; PACHECO, H. F. **Dificuldades no ensino-aprendizagem de química no ensino médio em algumas escolas públicas da região sudeste de Teresina**. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO CIENTÍDICA E IX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, X, 2010. **Resumos...** Piauí: Universidade Estadual do Piauí, 2010. Disponível em: <http://www.uespi.br/prop/siteantigo/XSIMPOSIO/TRABALHOS/INICIACAO/Ciencias%20da%20Natureza/DIFICULDADES%20NO%20ENSINO-APRENDIZAGEM%20DE%20QUIMICA%20NO%20ENSINO%20MEDIO%20EM%20ALGUMAS%20ESCOLAS%20PUBLICAS%20DA%20REGIAO%20SUDESTE%20DE%20TERESINA.pdf >Acesso em: 30 de jun. 2019.

PERELLÓ, J. S. **Pedagogia do estágio**. Belo Horizonte, Editora PUC; Minas Gerais: CIEE/MG, 1998.

PIMENTA, S. G; LIMA, M. S. L. **Estágio e Docência. 2**. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

ROCHA, J. S; VASCONCELOS T. C. D**ificuldades de aprendizagem no ensino de química**: algumas reflexões. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ), Florianópolis, p. 1-10, 2016.

SCALABRIN, I. C.; MOLINARI, A. M. C. A importância da prática do estágio supervisionado nas licenciaturas. **Araras**, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2013.

SILVA, R. M.; SCHNETZLER, R. P. Concepções e ações de formadores de professores de Química sobre o estágio supervisionado: propostas brasileiras e portuguesas. **Química nova**, v. 31, n. 8, p. 2174-2183, 2008.

SOARES, M. H. F. B. **O lúdico em Química: jogos e atividades aplicados ao ensino de Química**. Universidade Federal de São Carlos (tese de doutorado, 2004).

TOZETTO, S. S; et al. Trabalho docente e suas relações com o saber. **Trabalho docente**: saberes e práticas. Curitiba: CRV, 2010. p.21-51.

VALSECHI, M. C. KLEIMAN, Angela Bustos. O estágio supervisionado e a voz social do estagiário. **Raído**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Letras da UFGO, Dourados, v. 8, n. 15, p.13-32, 15 jan. 2014. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/Raido/article/view/3146/1752>. Acesso em: 25 jun. 2019.

MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA METODOLOGIA INTERATIVA PARA O ENSINO APRENDIZAGEM

Vitória Marília Ferreira Lima Silva [1]
Márcia Barbosa de Sousa [2]
Eveline de Abreu Menezes [3]
Vanessa Lúcia Rodrigues Nogueira [4]

RESUMO
Os mapas conceituais constituem uma estratégia facilitadora da aprendizagem significativa regida pela conceitualização, integrando e relacionando informações. Este artigo descreve a dinâmica da utilização de mapas conceituais como estratégia pedagógica favorecendo a aproximação dos conceitos científicos dos contextos vivenciados pelos alunos em sala de aula, facilitando a apropriação de termos científicos e o processo de ensino aprendizagem. A metodologia utilizada foi uma pesquisa-ação, pois ocorreu a intervenção da pesquisadora na sala de aula. Os procedimentos adotados para a análise dos dados foi análise de conteúdo, análise de discurso e dados numéricos, um dos instrumentos usados em sala de aula utilizado foi um questionário semiestruturado. A pesquisa ocorreu com duas turmas de 8° ano do ensino Fundamental II de uma escola municipal de Acarape, Ceará. Utilizou-se uma metodologia de ensino diferenciada utilizando o mapa conceitual como metodologia interativa na apropriação de conteúdos na disciplina de Ciências. A análise de dados demonstrou que o mapa conceitual como metodologia interativa favoreceu a construção do conhecimento pelos educandos. Com a análise qualitativa baseada em aspectos da realidade que não podem ser quantificados e na compreensão da dinâmica desenvolvida, conseguiu-se visualizar e perceber o quanto o mapa conceitual despertou nos estudantes a capacidade de pensar e elaborar suas respostas de forma organizada e planejada, contribuindo e facilitando a assimilação de conteúdos de difíceis verbalização, tornando assim a aprendizagem significativa.

Palavras-chave: mapas conceituais, ciências, ensino, aprendizagem.

INTRODUÇÃO

A utilização de mapas conceituais é entendida como uma metodologia flexível para situações e finalidades diferentes, podendo ser usada para uma aula, uma unidade de estudo, um curso ou para o desenvolvimento de todo um programa educacional.

Inicialmente, para embasar este estudo, buscamos alguns autores que contribuem sobre

[1] Graduado do Curso de Ciências Biológicas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, vitoriamarilima@gmail.com;
[2] Doutor pelo Curso de Ciências Biológicas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, marcia_bsousa@unilab.edu.br;
[3] Doutor pelo Curso de Ciências Biológicas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, eveline@unilab.edu.br;
[4] Doutor pelo Curso de de Ciências Biológicas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, vanessa.nogueira@unilab.edu.br;

a utilização de mapas no processo de ensino aprendizagem. De maneira geral, os mapas conceituais são esquemas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que utilizamos para representar conceitos. Desenvolvidos por Joseph Novak, são ferramentas para organizar e representar conhecimento (NOVAK, 1977) baseado na teoria ausubeliana. Para Moreira (2010) constituem uma estratégia facilitadora da aprendizagem significativa regida pela conceitualização ajudando os alunos a integrar e relacionar informações. Ontoria (2005) e Moreira (2006) ressaltam que eles se vinculam a uma estruturação de um modelo de educação com características bem demarcadas, com alicerce a aprendizagem significativa com modelos centrados no aluno e não no professor; atendem ao desenvolvimento de destrezas e não se conformam apenas com a repetição memorística da informação por parte do estudante, além de propor o desenvolvimento harmonioso de todas as dimensões da pessoa e não apenas as intelectuais. Para Hoffmann (2001) os mapas conceituais como estratégia de ensino aprendizagem tornam possível acompanhar o aluno no decurso de processos diversificados e simultâneos: de aprender; de aprender a aprender; de aprender a conviver e de aprender a ser.

O ensino de Ciências Naturais é de fundamental importância para formação de cidadãos críticos, pois se trata de um conhecimento que colabora para a compreensão do mundo e a escola tem um papel importante na construção desses conhecimentos. Para se ensinar ciências nos dias de hoje, o maior desafio para o professor é ter a oportunidade e a possibilidade de preparar aulas diferenciadas, ter materiais experimentais e saber como utiliza-los, elaborando aulas participativas. Alguns professores ainda usam somente o livro didático como recurso metodológico tornando a disciplina cansativa e monótona não despertando o interesse dos estudantes pela disciplina de Ciências, que é uma disciplina bem complexa e exige formas de ensino mais elaboradas (SANTOS *et al*., 2015; SANTOS *et al*. 2019).

Cachapuz *et al*. (2005) consideram que os conhecimentos construídos em ciências servirão de base à reflexão na abordagem da tríade Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como as inter-relações com o meio ambiente, para que os alunos possam agir e decidir responsavelmente, e que lhes permitam o desenvolvimento de atitudes e valores sobre as situações problema.

Aprender para a vida, valer-se do aprendido na transformação da própria realidade e, aprender significativamente, representa uma tarefa complexa e multifacetada que tem encontrado dificuldade nas salas de aula. O mapa conceitual como estratégia de ensino e aprendizagem são utilizados como promoção de experiências educativas que provoquem reflexão e buscam de compreensão de conceitos ainda em construção (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010). Nessa perspectiva, espera-se que os conhecimentos científicos se

tornem interessantes para os discentes com embasamento em suas próprias concepções, e que estes cidadãos e futuros cientistas possam, cada vez mais, contribuir para o bem estar social e na construção da ciência.

Este artigo descreve a dinâmica da utilização de mapas conceituais como estratégia pedagógica diferenciada e interativa, possibilitando a aproximação dos termos científicos dos contextos vivenciados pelos alunos, contribuindo no processo de ensino e aprendizagem.

METODOLOGIA

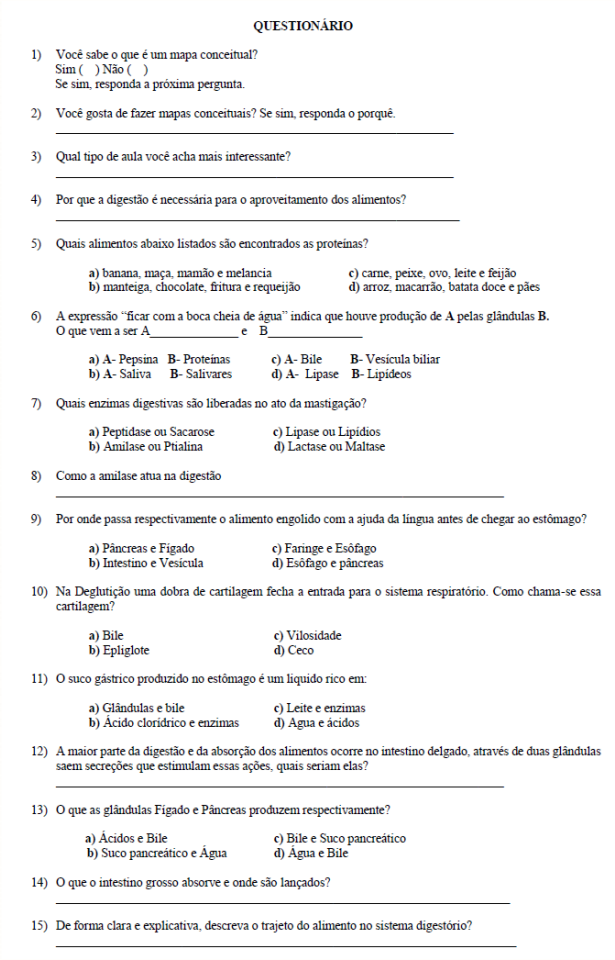
A metodologia utilizada foi uma pesquisa-ação, pois ocorreu a intervenção da pesquisadora na sala de aula. Quanto a abordagem, as técnicas utilizadas foram qualitativa e quantitativa, pois a descrição dos procedimentos adotados para a análise dos dados foi análise de conteúdo, análise de discurso e dados numéricos, um dos instrumentos usados em sala de aula utilizado foi um questionário semiestruturado (Figura 1) definido como: pré-teste (quando aplicado antes da realização da atividade com o mapa conceitual) e pós-teste (quando aplicado depois da realização da atividade com o mapa conceitual). O caráter da pesquisa foi o método indutivo, pois partiu de uma realidade local para que se entendesse a global (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A avaliação das atividades foi realizada conforme Souza e Faria (2011), com adaptações.

Para Thiollent (1985) na pesquisa-ação "é necessário definir com precisão, qual ação, quais agentes, seus objetivos e obstáculos, qual exigência de conhecimento a ser produzido em função dos problemas encontrados na ação ou entre os atores da situação". Diante disso, neste estudo, as atividades foram desenvolvidas nas seguintes etapas: estudo do perfil da turma trabalhada e observação das aulas de Ciências do Ensino Fundamental II.

Após as observações, foi planejada e realizada uma regência com uso de quadro branco, pincel e livro didático de forma expositiva abordando o conteúdo "sistema digestório". Ao final da aula, foi aplicado o questionário semiestruturado definido como: pré-teste (aplicado antes da realização da atividade com o mapa conceitual) (Figura 1).

Figura 1. Questionário semiestruturado aplicado nas turmas de do 8º ano do ensino fundamental (EF) de uma escola municipal em Acarape, Ceará.



QUESTIONÁRIO

1) Você sabe o que é um mapa conceitual?
Sim ( ) Não ( )
Se sim, responda a próxima pergunta.

2) Você gosta de fazer mapas conceituais? Se sim, responda o porquê.
_____

3) Qual tipo de aula você acha mais interessante?
_____

4) Por que a digestão é necessária para o aproveitamento dos alimentos?
_____

5) Quais alimentos abaixo listados são encontrados as proteínas?

a) banana, maça, mamão e melancia
b) manteiga, chocolate, fritura e requeijão
c) carne, peixe, ovo, leite e feijão
d) arroz, macarrão, batata doce e pães

6) A expressão "ficar com a boca cheia de água" indica que houve produção de **A** pelas glândulas **B**.
O que vem a ser A_____ e B_____

a) **A**- Pepsina **B**- Proteínas
b) **A**- Saliva **B**- Salivares
c) **A**- Bile **B**- Vesícula biliar
d) **A**- Lipase **B**- Lipídeos

7) Quais enzimas digestivas são liberadas no ato da mastigação?

a) Peptidase ou Sacarose
b) Amilase ou Ptialina
c) Lipase ou Lipídios
d) Lactase ou Maltase

8) Como a amilase atua na digestão
_____

9) Por onde passa respectivamente o alimento engolido com a ajuda da língua antes de chegar ao estômago?

a) Pâncreas e Fígado
b) Intestino e Vesícula
c) Faringe e Esôfago
d) Esôfago e pâncreas

10) Na Deglutição uma dobra de cartilagem fecha a entrada para o sistema respiratório. Como chama-se essa cartilagem?

a) Bile
b) Epiglote
c) Vilosidade
d) Ceco

11) O suco gástrico produzido no estômago é um líquido rico em:

a) Glândulas e bile
b) Ácido cloridrico e enzimas
c) Leite e enzimas
d) Água e ácidos

12) A maior parte da digestão e da absorção dos alimentos ocorre no intestino delgado, através de duas glândulas saem secreções que estimulam essas ações, quais seriam elas?
_____

13) O que as glândulas Fígado e Pâncreas produzem respectivamente?

a) Ácidos e Bile
b) Suco pancreático e Água
c) Bile e Suco pancreático
d) Água e Bile

14) O que o intestino grosso absorve e onde são lançados?
_____

15) De forma clara e explicativa, descreva o trajeto do alimento no sistema digestório?
_____

Fonte: Próprio autor

Na aula seguinte, inicialmente foi explicado o que é um mapa conceitual e seus objetivos. Em seguida, foi realizada a leitura do capítulo "sistema digestório", sob a orientação da pesquisadora, após a discussão do tema, foi utilizada a seguinte sequência didática: identificação das ideias e conceitos mais importantes da temática em estudo; enumeração na lousa dos principais conceitos veiculados no texto. Posteriormente, foi construído um mapa conceitual na lousa de forma interativa com desenhos com a colaboração dos estudantes.

Na sequência, mapas conceituais incompletos em uma folha de papel A4 que apresentavam símbolos e conceitos sobre a temática foram entregues para a turma. Os alunos foram divididos em equipes de 05 alunos para completar os mapas. A intenção era que os alunos completassem os quadradinhos em branco, presentes no mapa, com conceitos e desenhos ilustrativos. Ao final foi realizada a leitura dos mapas pelas equipes. Um questionário de pesquisa foi aplicado como pós teste (Figura 1), para análise do ensino-aprendizagem obtida com a metodologia utilizada.

A atividade ocorreu em duas turmas de 8° ano do Ensino Fundamental II de uma escola de ensino fundamental do município de Acarape, Ceará. O planejamento da aula foi o mesmo para as duas turmas trabalhadas. O quadro 1 apresenta o total de participantes da pesquisa.

Quadro 1. Total de alunos e participantes da pesquisa

	8° Ano C	8° Ano D
Total de alunos da turma	33	30
Total de alunos que participaram da atividade	25	21

Fonte: Próprio autor

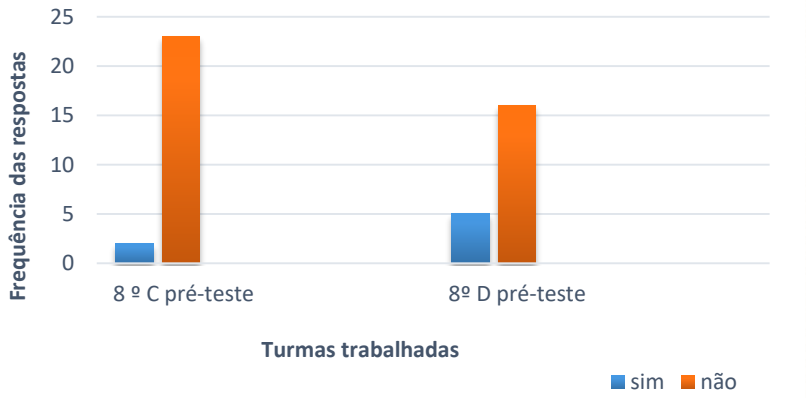
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as observações e o estudo do perfil das turmas, realizou-se uma regência, em cada turma, com uso de quadro branco, pincel e livro didático de forma expositiva abordando o conteúdo "sistema digestório". Ao final da aula, foi aplicado o questionário semiestruturado definido como: pré-teste (aplicado antes da realização da atividade com o mapa conceitual) (Figura 1). A primeira aula ministrada pela pesquisadora teve um caráter expositiva-participativa e os alunos demonstraram muito entusiasmo. Eles participavam fazendo muitas perguntas sobre os conteúdos expostos pela pesquisadora e se mostravam interessados no conteúdo ministrado. Percebeu-se através da participação das turmas com questionamentos e dúvidas, que a aula expositiva-participativa sobre o sistema digestório foi uma metodologia bastante eficaz na aprendizagem. Segundo Godoy (1997) a aula expositiva é frequente para abordar vários objetivos educacionais, um bastante importante é a transmissão do conhecimento.

A construção do mapa conceitual sobre o sistema digestório no quadro foi um momento bastante interativo, os estudantes e a pesquisadora construíram um mapa conceitual, tornando lúdico e significativo o momento. Após esse momento, os estudantes foram completar seus mapas, em equipes, a partir dos conteúdos expostos pela pesquisadora, completando os conceitos que faltavam no mapa. A construção coletiva pelas equipes foi participativa e integradora, com partilha de funções, despertando organização e responsabilidade na construção em todas das equipes. Neste momento percebeu-se os processos diversificados e simultâneos de busca de novas informações, de interação e reflexão sobre si próprio enquanto aprendiz e sobre procedimentos de aprendizagem evidenciados por Hoffmann (2001).

No questionário aplicado (Figura 1), a primeira pergunta interrogava se os alunos conheciam mapa conceitual.

Figura 2. Frequência das respostas dos alunos das turmas do 8º ano do ensino fundamental (EF) de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por resposta sim e não sobre conhecer mapa conceitual. Respostas ao pré-teste.



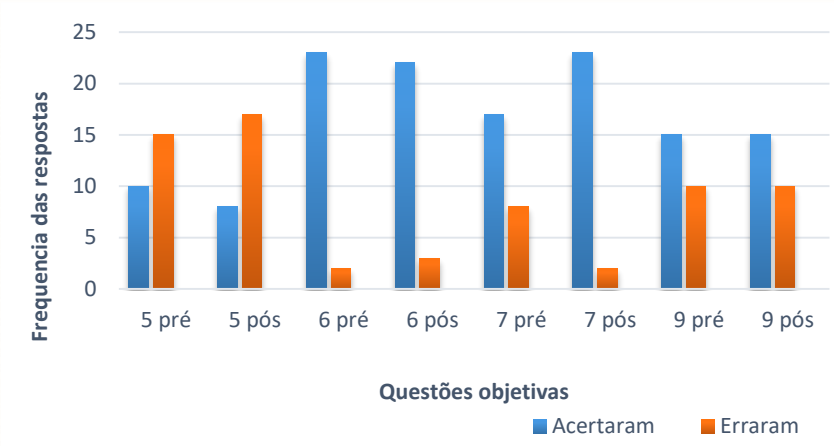
Fonte: Próprio autor

É possível notar, na figura 2, que na turma de 8º ano C antes da pesquisadora apresentar o mapa conceitual, apenas 2 alunos conheciam o mapa, e 23 não conheciam. Já na turma de 8º ano D, 5 alunos conheciam, enquanto 16 não conheciam. A desinformação e não vivência sobre essa ferramenta, confirma ainda mais a metodologia tradicional utilizada nas escolas e observada nesta pesquisa no primeiro momento.

Aplicação dos mapas conceituais nas aulas de Biologia das turmas de 8° ano C e D, teve como objetivo facilitar a assimilação dos conteúdos da disciplina de Ciências e avaliar a inserção de uma nova metodologia levando em consideração a aprendizagem significativa. Nessa etapa os alunos trabalharam coletivamente, construindo novos conhecimentos a partir dos conhecimentos prévios a qual a pesquisadora regente apresentou. Para Ausubel; Novak; Hanesian (1980) se faz necessário avaliar o que o estudante sabe para que possa ser trabalhado em cima deste conhecimento, assim ressalta o autor: “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo”.

Nesta pesquisa foi possível perceber a importância da utilização do mapa conceitual como instrumento metodológico. Embora alguns resultados das questões tenham se mostrado estáveis, de um modo geral, percebeu-se resultados positivos na aprendizagem , principalmente nas questões que abordam os termos científicos (Figuras 3 e 4).

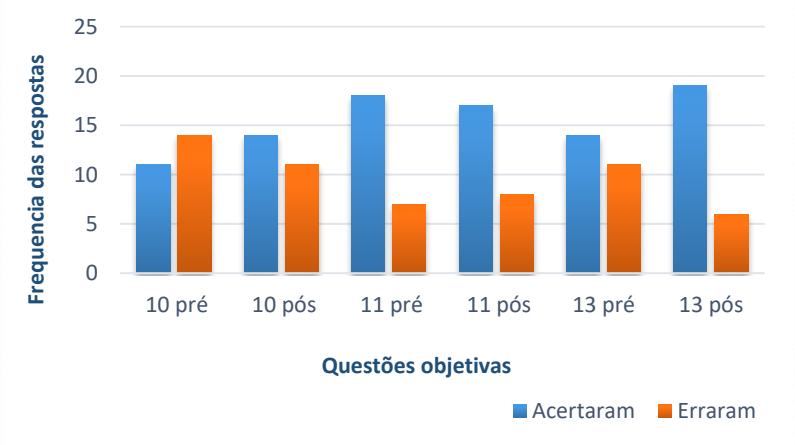
Figura 3. Frequência das respostas dos alunos das questões 5, 6, 7 e 9 da turma do 8º C ano do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas e erradas das questões objetivas sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.



Fonte: Próprio autor

Na Figura 3, observa-se os acertos e erros das respostas dos alunos quanto ao conteúdo. Nas perguntas de número 5 e 6, foi possível notar que houve uma queda nos acertos, após da aplicação do mapa conceitual, vale a pena esclarecer que a pergunta de número 5 foi sobre o conteúdo ministrado pela professora de Ciências da escola, há algumas semanas. Já as perguntas de número 7 e 9, após a aplicação do mapa conceitual, houve um aumento no número de acertos e estabilidade de acertos das respostas.

Figura 4. Frequência das respostas dos alunos das questões 10, 11, e 13 da turma do 8º ano C do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas e erradas das questões objetivas sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.



Fonte: Próprio autor

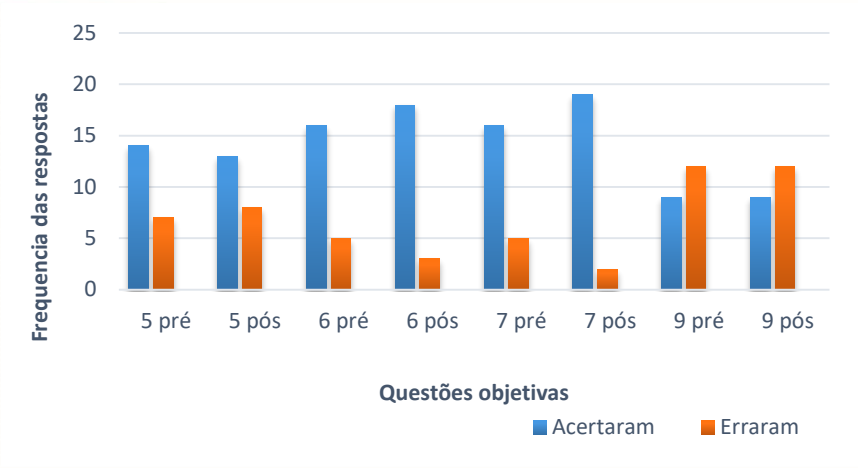
Nas perguntas de número 10 e 13 os estudantes obtiveram maior acerto das questões (Figura 4) após a aplicação do mapa conceitual. Na pergunta de número 11, foi possível notar uma dificuldade de assimilação de conteúdo, mesmo utilizando uma metodologia alternativa. Antes da aplicação do mapa conceitual, as turmas haviam participado de aulas apenas com metodologias tradicionais. Para Moreira; Masini (1982), dizem que "a aprendizagem mecânica é a informação aprendida sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem essa estruturação de elementos tornasse impossível a aprendizagem bem sucedida".

Ao notarmos as diferentes variações de resultados quantitativos, percebemos que a responsabilidade de se aprender se iguala a responsabilidade de se ensinar pois, requer do professor umas das partes mais importantes de transmissão do conhecimento. Esses diferentes resultados mostram a importância da ação dos dois sujeitos no processo de ensino-aprendizagem: professor e aluno. Neste sentido, é importante entender que a postura docente precisa de uma mudança que não envolva apenas o saber, faz-se necessária uma prática que incorpore abordagens metodológicas diferenciadas para tornar o ensino atraente e significativo, incluindo o saber fazer, não tanto o aprender, mas o aprender a aprender (CARABETTA JÚNIOR, 2010; HOFFMANN 2001; MOREIRA, 2010).

Ao analisarmos os gráficos de perguntas objetivas (Figuras 3 e 4), de um modo geral, pode-se perceber que três perguntas tiveram erros nas respostas, após a aplicação do mapa conceitual. Isso pode ter acontecido pelo fato da abordagem do mapa conceitual não ter sido tão focada a essas perguntas, embora todo o conteúdo tenha sido apresentado pela pesquisadora, talvez não tenha sido suficiente para a assimilação ou os educandos não tenham dado devida atenção aos conteúdos ministrados.

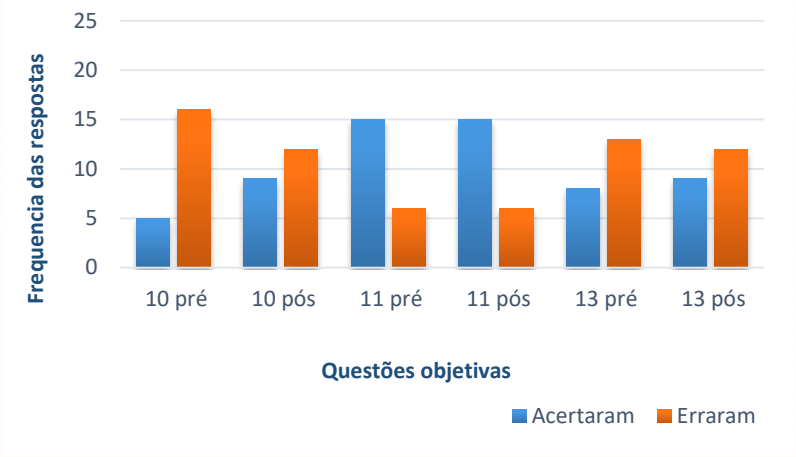
Ao avaliarmos as (figuras 5 e 6) podemos perceber os resultados das perguntas objetivas aprendizagem em relação ao conteúdo da turma do 8° ano D, turno vespertino.

Figura 5. Frequência das respostas dos alunos das questões 5, 6, 7 e 9 da turma 8º ano D do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas e erradas das questões objetivas sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.



Fonte: Próprio autor

Figura 6. Frequência das respostas dos alunos das questões 10, 11 e 13 da turma 8º ano D do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas e erradas das questões objetivas sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.

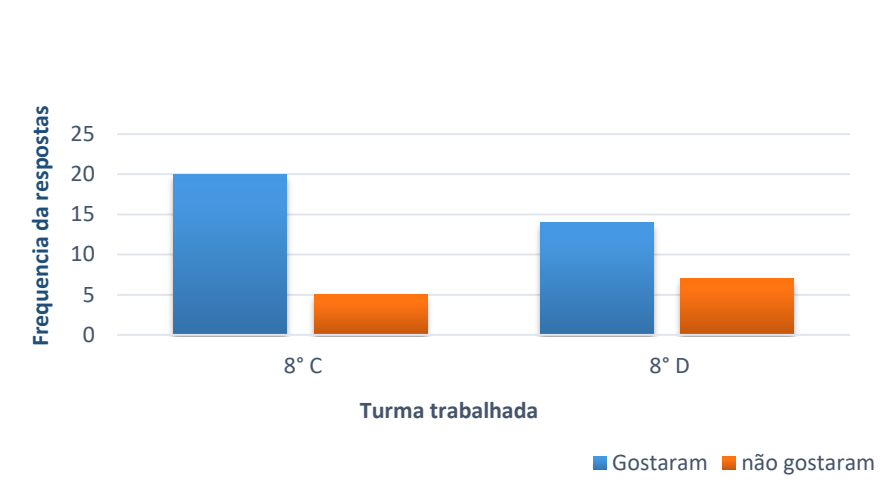


Fonte: Próprio autor

Foi possível notar que os resultados não alteram muito, se mostrando estáveis com pequenas mudanças após a aplicação do mapa conceitual, diferente da turma do 8° ano C, que tiveram grandes índices de aprendizagem, onde foi comprovado no pós teste. De acordo com Souza; Boruchovitch (2010) nos mapas conceituais, por mais eficiente, eficaz e pertinente que se configure a estratégia, seu valor é relativizado frente aos diferentes ritmos e modos de aprender dos estudantes.

Na (Figura 7), é notável que a maioria dos alunos das turmas do 8° C e D gostaram de utilizar o mapa conceitual, isso é muito significativo pois demonstra o interesse dos alunos por novas metodologias, pela busca de sua autonomia, pelo processo de construção da aprendizagem.

Figura 7. Frequência das respostas dos alunos das turmas do 8º ano C e D do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas em gostaram e não gostaram sobre o mapa conceitual.



Fonte: Próprio autor

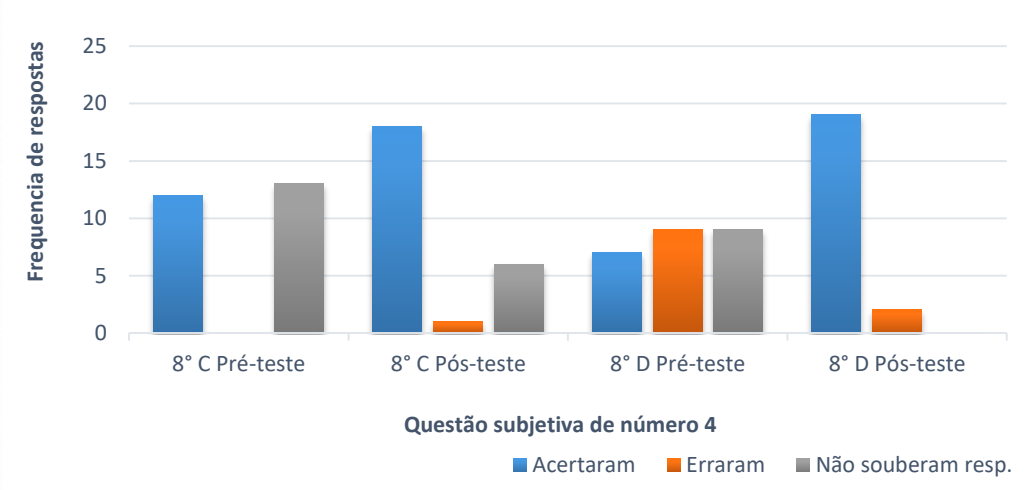
As análises a seguir são das questões subjetivas do questionário semiestruturado (Figura 1). Embora estejam os resultados da avaliação expressos em gráficos, a pesquisadora utilizou de critérios qualitativos na avaliação. Nesse momento refletiu-se o caráter qualitativo da pesquisa. Nas perguntas subjetivas a possibilidade de acertar tornasse maior, pois os estudantes ficam livres para expressar suas opiniões e conhecimentos. As características da pesquisa qualitativa são: objetivação do fenômeno, hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar, precisão das relações envolvidas, observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural, respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos, busca de resultados os mais fidedignos possíveis, oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

As figuras (8, 9, 10 e 11) demonstram os acertos e erros das respostas subjetivas. É perceptível que houve um aumento do número de erros de respostas, após a aplicação do mapa conceitual, entretanto outros fatores devem ser levados em consideração, pois o fato de terem tentado resolver a questão foi importante no desenvolvimento cognitivo, pois erraram tentando acertar. Souza; Boruchovitch (2010) destacam a importância dos mapas conceituais na recomposição do trabalho didático quando afirmam que favorecem a consecução de uma avaliação formativa, até porque eles permitem ao professor a compreensão da situação do aluno, ao propiciar a identificação e a análise dos erros, juntamente com a promoção de diagnóstico

mais apurado do funcionamento cognitivo envolvido. Para Hoffmann (1993) “a postura do professor frente às alternativas de soluções construídas pelo aluno, deveria estar necessariamente comprometida com tal concepção de erro construtivo”.

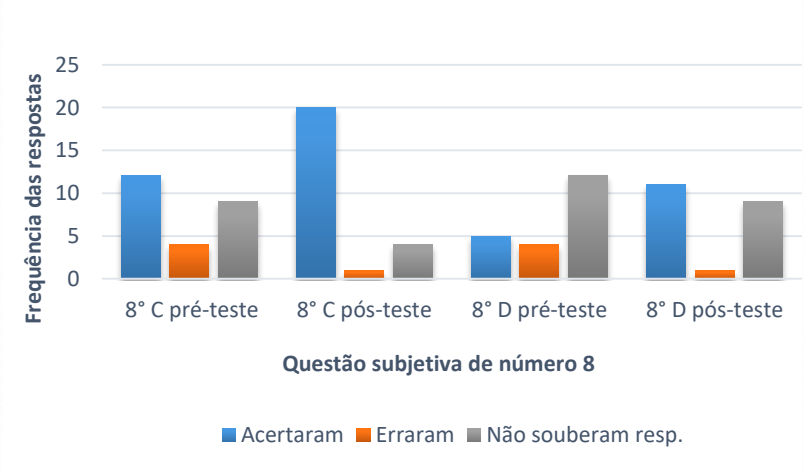
Ainda assim afirma Dauster (1999), esse tipo de perguntas subjetivas tem como principal objetivo “compreender as redes de significado a partir do ponto de vista do ‘outro’, operando com a lógica e não apenas com a sistematização de suas categorias”.

Figura 8. Frequência das respostas dos alunos da turma do 8º ano C do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas, erradas e não souberam responder a questão subjetiva 4 (Figura 1) sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste



Fonte: Próprio autor

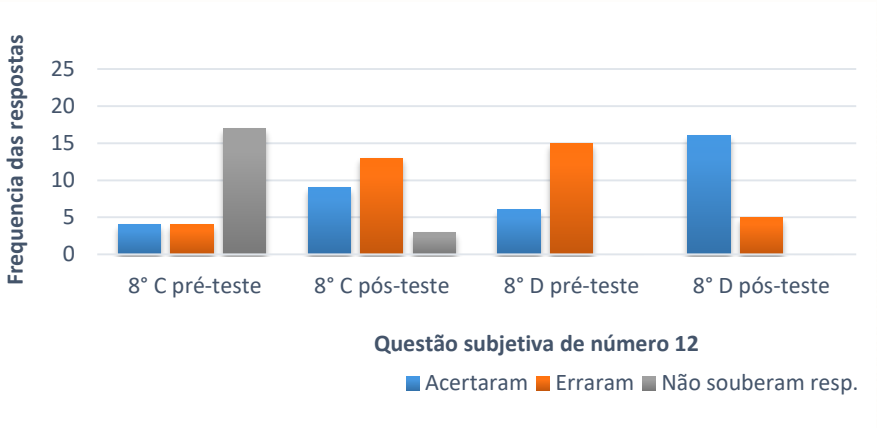
Figura 9. Frequência das respostas dos alunos da turma do 8º ano D do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas, erradas e não souberam responder a questão subjetiva 8 (Figura 1) sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.



Fonte:

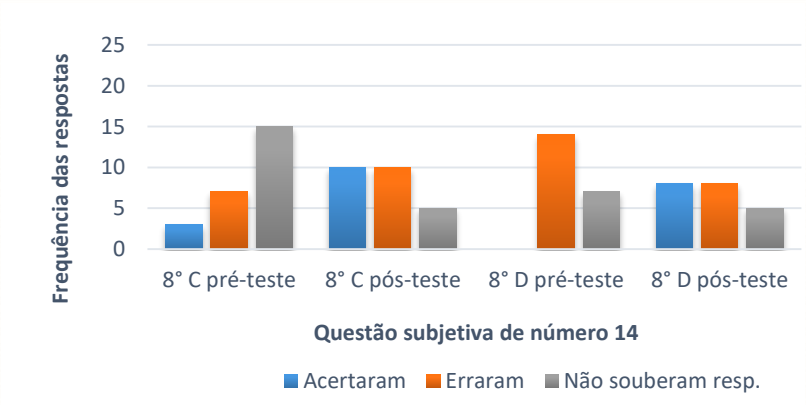
Próprio autor

Figura 10. Frequência das respostas dos alunos das turmas do 8º ano C e D do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas e erradas, não souberam responder a questão subjetiva 12 (Figura 1) sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.



Fonte: Próprio autor

Figura 11. Frequência das respostas dos alunos das turmas C e D do 8º ano do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas e erradas, não souberam responder a questão 14 (Figura 1) sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.

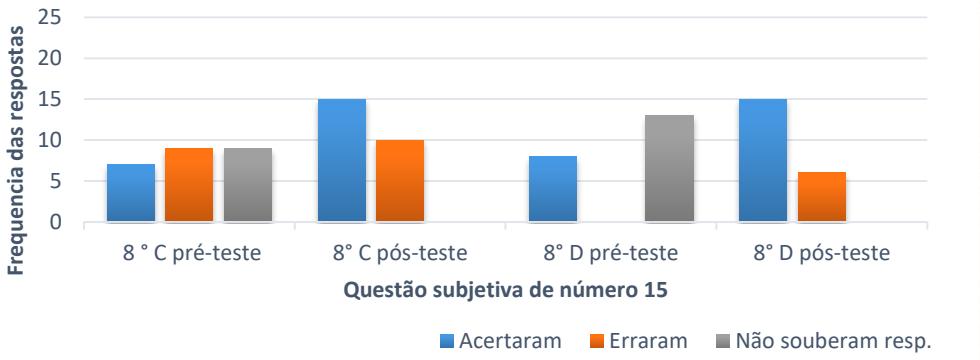


Fonte: Próprio autor

Na figura 12, podemos destacar o grande efeito que o mapa conceitual causou nesses estudantes, pois essa pergunta se tratava de uma questão descritiva. Ao analisar as respostas, embora algumas tenham sido mais estruturadas do que outras, foi possível observar o interesse em escrever. Assim confirma Bruner (1991) quando afirma que um legítimo estudante na abordagem cognitiva, contribui com conhecimentos significativos ao processo ensino-aprendizagem, especialmente a aprendizagem desenvolvida na sala de aula. A pré-disposição para aprender favorece a busca por seus conhecimentos prévios, integrado - os aos novos. Nesta

pesquisa, a abordagem diferenciada instigou aos aprendentes a construir suas respostas com embasamentos na compreensão dos conteúdos.

Figura 12. Frequência das respostas dos alunos das turmas do 8º ano C e D do EF de uma escola municipal em Acarape, Ceará distribuídas por respostas certas e erradas, não souberam responder a questão subjetiva 15 (Figura 1) sobre o conteúdo sistema digestório. Respostas ao pré-teste e pós-teste.



Fonte: Próprio autor

Scheid (2013) destaca que no processo de formação as atividades colaborativas e de interação nas Ciências Naturais favorecem o processo ensino-aprendizagem. Percebeu-se esse processo durante a construção dos mapas, o envolvimento dos alunos em equipe foi intenso, com troca de ideias sobre como começar a construção e estruturação do mapa. Durante esse momento, a pesquisadora acompanhou, em cada grupo, as discussões existentes e quais conceitos estavam sendo considerados relevantes para a estruturação do mapa.

Freire (1988) também fundamenta essa abordagem na construção do mapa conceitual em equipe quando postula o processo de partilhas de saberes é o fator mais interessante entre os sujeitos, tornando assim a aprendizagem um processo ainda mais importante e satisfatória quando construída entre os próprios estudantes coletivamente.

Ao analisarmos as respostas de um modo geral, visualizamos que nas duas repostas objetivas e subjetivas, há uma pequena diferença de resultados, notamos que nas perguntas objetivas houve um equilíbrio de acertos e erros. Já nas perguntas subjetivas, logo após a aplicação do mapa conceitual, é notável que houve uma grande assimilação do conteúdo. É importante ressaltar que a tradição no ensino de ciências está fortemente pautada nos conteúdos teóricos, ligados a nomes científicos e termos técnicos, diante do exposto, vimos que a construção de modelos assume uma importância significativa para o desenvolvimento da aprendizagem em disciplinas como a Ciências.

O grande argumento para se usar mapas conceituais no ensino de qualquer campo de conhecimento é que, por sua própria natureza, como mapas conceituais eles focalizam a aprendizagem de conceitos e estes são a base da construção e da compreensão desse campo. É claro que a aprendizagem significativa de conceitos não depende somente de mapas conceituais, porém eles podem ajudar muito no desenvolvimento cognitivo, através da utilização dos termos (MOREIRA, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscou-se entender como os estudantes da escola trabalhada reagiriam com o uso do mapa conceitual como metodologia diferenciada, e foi notável que esse instrumento metodológico proporcionou diferentes resultados na aprendizagem ao colaborar no desenvolvimento de habilidades e adoção de termos científicos de forma efetiva. Nesse sentido, Percebeu-se que é necessária a conscientização do professor de que ele é o elemento responsável por conduzir o aluno na estruturação do conhecimento.

É importante entender que a postura docente precisa de uma mudança que não envolva apenas o saber, faz-se necessária uma prática que incorpore abordagens metodológicas diferenciadas, reflexivas no saber fazer e significativas, embora essas abordagens de metodológicas possam assustar um pouco, pois alguns professores estão acostumados somente com o uso do livro didático. A descoberta e utilização de novas metodologias pode contribuir para o ensino, no entanto, a motivação e persistência dos docentes necessitam ser as principais vertentes para que a aprendizagem significativa, pois além de favorecer a aprendizagem, o uso de metodologias diferenciadas propõem descobertas, fazendo assim com que os docentes adotem papeis de pesquisadores na sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRUNER, J. **O Processo da educação Geral**. 2ª ed. São Paulo: Nacional, 1991.

CARABETTA JÚNIOR, V. **A Utilização de Mapas Conceituais como Recurso Didático para a Construção e Inter-Relação de Conceitos.** Revista Brasileira de Educação Médica, v. 37, n. 3, p. 441-447, 2013.

CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

DAUSTER, T. **A Fabricação de livros infanto-juvenis e os usos escolares: o olhar de editores**. Revista Educação/PUC-Rio, n. 49, p. 2, nov. 1999.

FERREIRA, P. R. S.; SILVA, F. A. L.; CRUZ, B. S. P.; SOUSA, M. B. **Mapas conceituais e o ensino de Ciências: uma estratégia pedagógica em uma escola de ensino fundamental em Acarape-Ceará**. VI EREBIO/NE, Bahia, 2015.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

GODOY, A. S., MOREIRA, D. A., WEISS, J. M. G.; BRANDÃO, J. E. A.; CASTRO, J. M.; CUNHA, M. A. V. C. **Didática do Ensino Superior: Técnicas e Tendências**. São Paulo: Pioneira, 1997.

HOFFMANN, J. **Mito e desafio – Uma perspectiva construtivista**. Porto Alegre: Artmed, p.67, 1993.

HOFFMANN, J. **Avaliar para promover: as setas do caminho**. Porto Alegre: Mediação, 2001.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Morais, 1982.

MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Instituto de Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

NOVAK, J. D. **A Theory of education**. Ithaca, N.Y., Cornell. University Press, 1977.

ONTORIA, A. **Mapas conceituais: uma técnica para aprender**. São Paulo: Loyola, 2005.

SCHEID, N. M. J. A importância das atividades coletivas para a formação científica e a iniciação à docência em Ciências Naturais. In: DUSO, L.; HOFFMANN, M. B. **Docência em Ciências e Biologia**. Ijuí:Ed. Unijuí, 320p., 2013.

SANTOS, A. G. F.; QUEIROZ, G. R. P. C.; DOMINGOS, P.; CATARINO, G. F. C. A **Formação de Professores de Ciências na Perspectiva Interdisciplinar sobre a Flutuação para Vida no Planeta: Pelos Caminhos da co-docência**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências. v.21, 2019.

SANTOS, C. de J. S.; BRASILEIRO, S. G. dos S.; MACIEL, C. M. L. A.; SOUZA, R. D. **Ensino de Ciências: Novas abordagens metodológicas para o ensino fundamental**. Revista Monografias Ambientais – REMOA, v.14, p.217-227, 2015.

SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. **Mapas Conceituais: Estratégia de Ensino/Aprendizagem e Ferramenta Avaliativa**. Educação em Revista: Belo Horizonte, v.26, n.03, p.195-218, dez. 2010.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1988.

MAPEANDO PRODUÇÕES SOBRE O USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Anyelle da Silva Pereira Peixoto [1]
Clécio Danilo Dias da Silva [2]
Abigail Noadia Barbalho da Silva[3]

RESUMO

O uso de tecnologias no Ensino de Ciências pode auxiliar na mediação do processo de ensino-aprendizagem dos fenômenos que apresentam difícil vizualização, bem como, permite aproximar os estudantes à laboratórios virtuais e softwares que demonstram transformações submicroscópicas. Diante disso, o presente trabalho objetiva realizar um levantamento das produções publicadas nas três edições do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC), a fim de analisar os trabalhos que contemplaram o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no Ensino de Ciências. Para tanto, foram criadas categorias *a priori* segundo a Análise de Conteúdo de Bardin (2011), a saber: expressividade das produções, modalidades de ensino e sujeitos investigados, foco da pesquisa e emprego das TIC por área de ensino. Os resultados demonstraram que de um total de 2.086 publicações, apenas 41 trabalhos se relacionava à temática. Além disso, verificou-se que grande parte dos trabalhos visou à aplicação das TIC em sala de aula, maiormente no Ensino de Química para o Ensino Médio. Deste modo, torna-se relevante que os professores de ciências busquem resignificar sua atuação docente à luz dos recursos tecnlógicos educativos.

Palavras-chave: Tecnologias Educacionais; Ensino de Ciências; Produções científicas.

INTRODUÇÃO

Bazzo, Linsingen e Pereira (2003) definem a tecnologia como um conjunto de sistemas, materiais ou organizativos, elaborados para realizar determinada função. A tecnologia acompanha a história da humanidade desde ferramentas para caça, através de técnicas, uso do fogo e a elaboração de equipamentos simples, como alavancas. Seu desenvolvimento tem influenciado a cultura da sociedade, bem como seus produtos são

[1] Pós-graduanda pelo Curso de Tecnologias Educacionais e Educação a Distância do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN. Mestre pelo Curso de Ensino de Ciências Naturias e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, anyellesilva@hotmail.com.
[2] Pós-graduando pelo Curso de Educação Ambiental e Geografia do Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN. Mestre pelo Curso de Ensino de Ciências Naturias e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Danilodiass18@gmail.com.
[3] Mestre em Filosofia pela Universidade Federal do Ceará – UFCE. Cordenadora Curso de Tecnologias Educacionais e Educação a Distância do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Abigail.silva@ifrn.edu.br.

percebidos em diversas áreas, tais como: indústria, segurança, agricultura, alimentos, saúde e educação.

Coll e Monereo (2010) afirmam que a sociedade está passando por transformações e adaptações oriundas das mudanças sociais surgidas com as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e, com isso, a educação também vem mudando. Segundo Mendes (2008) as TIC envolvem um conjunto de recursos tecnológicos que propiciam agilidade no processo de comunicação, transmissão e distribuição de informações, notícias e conhecimentos. Elas permitem agrupar, disseminar e compartilhar informações, a exemplo disto tem-se os *sites* da *Web* (MENDES, 2008).

No contexto educacional, os recursos tecnológicos podem ser utilizados com a finalidade de auxiliar a mediação do processo de ensino-aprendizagem. A partir do desenvolvimento das TIC, vivencia-se uma relação educacional diferenciada. Nesse cenário, proporcionar um contato entre os elementos da nossa cultura tecnológica e os conceitos científicos, se configura em uma relação que apresenta um potencial de desenvolvimento com vistas à aprendizagem (GEBRAN, 2009; BENITE; BENITE; SILVA FILHO, 2011).

Locatelli, Zoch e Trentin (2015) afirmam que os recursos da internet, os diferentes dispositivos digitais e os *softwares* educacionais oferecem possibilidades, a saber: aos professores oportuniza novas formas de ensinar que rompem com velhos paradigmas; e aos alunos melhores condições para construção do conhecimento. Assim, um modelo diferenciado de aprendizagem é possível, o qual é centrado no aluno, este, por sua vez, passa a ter um papel mais ativo e autônomo no aprendizado (LOCATELLI, ZOCH; TRENTIN, 2015). Nessa perspectiva Matinho e Pombo (2009) afirmam que as TIC:

> [...] podem constituir um elemento valorizador das práticas pedagógicas, já que acrescentam, em termos de acesso à informação, flexibilidade, diversidade de suportes no seu tratamento e apresentação. Valorizam, ainda, os processos de compreensão de conceitos e fenômenos diversos, na medida em que conseguem associar diferentes tipos de representação que vão desde o texto, à imagem fixa e animada, ao vídeo e ao som (MARTINHO; POMBO, 2009, p. 528).

No Ensino de Ciências Naturais (Química, Física e Biologia) muitos trabalhos apontam as contribuições das TIC na educação. Segundo Machado (2016) as denominadas tecnomídias no Ensino de Química têm possibilitado o estudo dos arranjos geométricos, compostos orgânicos, ligações químicas, atomística e processos físico-químicos. Tais ferramentas são: Softwares Educacionais (SE), os quais consistem em programas

desenvolvidos para atividades de ensino de um determinado conteúdo; e Objetos de Aprendizagem (OA) que agregam abordagens pedagógicas ao uso do computador como ferramenta de apoio.

Para Fonseca et al (2014), o acesso dos estudantes aos recursos tecnológicos na área de Biologia, tem contribuído para uma estruturação curricular com novos significados, possibilitado o desenvolvimento de habilidades inerentes aos cidadão do século XXI e oportunizado novas formas de interação com o conhecimento. Nessa perspectiva, o uso das TIC em aulas de Biologia tem oportunizado a aprendizagem de conteúdos de difícil compreensão e visualização, destacando-se entre eles: Bioquímica, Biofísica, Citologia, Microbiologia, Parasitologia, Botânica, Zoologia e a Genética. Para isso, várias estratégias têm sido utilizadas, como a produção de vídeo-aulas, jogos eletrônicos, simuladores de reações, filmes/documentários, fotografias, dentre outros (MARTINEZ; FUJIHARA; MARTINS, 2008; REZENDE; STRUCHINER, 2009; OLIVEIRA; DIAS JÚNIOR, 2012; ZANOTTO, 2012; GREGÓRIO; OLIVEIRA; MATOS, 2016; SENNA; ANDRADE, 2019).

Segundo Moreira (2018) as TIC deveriam ser naturalmente integradas ao Ensino de Física. Para o autor, as simulações computacionais, a modelagem computacional e os laboratórios virtuais podem auxiliar o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas. Feltrin (2015) aponta que as tecnologias educacionais ampliaram as possibilidades de materiais didáticos, o que, por vezes, pode significar o contato com situações que a estrutura física da escola não poderia oferecer. Além disso, o autor indica que os softwares têm uma vasta utilização, podendo ser encontrados em programas demonstrativos, modelos computacionais e tutoriais para desenvolvimento de softwares instrucionais.

As tecnologias educacionais podem possibilitar uma maior participação dos alunos, aulas menos tradicionais, o desenvolvimento cognitivo, a interatividade com Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA) e o estudo de conceitos científicos de forma mais dinâmica. As ferramentas tecnológicas permitem melhor compreensão de entidades e propriedades submicroscópicas, bem como demonstrações de determinados fenômenos científicos que necessitam de certo grau de abstração, o que pode favorecer o aprendizado (BENITE; BENITE; SILVA FILHO, 2011; FELTRIN, 2015; SILVA; MACHADO; SILVEIRA, 2015; MACHADO, 2016; SILVA; FERREIRA; SILVEIRA, 2016).

Destaca-se ainda que as tecnologias consistem em instrumentos que geram novas possibilidades à educação, o que demanda uma nova perspectiva e atuação do professor. Em outras palavras, a tecnologia em si mesma não pode ser entendida como um substituto que irá transformar a educação (MARTINHO; POMBO, 2009; STUDART et al, 2017). Destarte, para que as tecnologias alcancem sua finalidade educativa, é necessário que a escola assuma uma função proativa com vistas à influencia da tecnologia no aprendizado; o professor perceba-se como um mediador que seleciona os recursos tecnológicos, interpreta as condições pedagógicas oferecidas e condiciona desafios, pesquisas e atividades que promovam a interações com os conteúdos científicos a serem explorados; bem como o aluno sinta-se motivado e desenvolva maior autonomia através de uma participação mais ativa na construção do saber.

Sendo assim, utilizar as TIC não se trata, simplesmente, de usufruir dos recursos tecnológicos para transmitir informações a partir de uma prática instrucional, pois deste modo retornamos a visão tradicional e conteudista do ensino. Nesse processo, o valor da tecnologia é percebido a medida que o aluno torna-se autônomo, constrói significados e interagem com os fenômenos. Assim, é possível realizar simulação, efetuar testes, observar transformações e visualizar modelos representacionais de estruturas elementares. Isto é, por meio da atividade do aluno, a dinâmica entre as TIC e os conceitos das Ciências Naturais vai se estruturando. Complementando este pensamento Zandvliet (2012, apud STUDART, 2017, p. 1136) discorre que:

> Não se trata de disponibilizar laboratórios de informática em horários pré-determinados, mas tornar a sala de aula um ambiente rico e propício para a integração de recursos tecnológicos ao ensino e ao aprendizado de modo funcional e prático, caracterizando um processo de imersão tecnológica. Esta perspectiva vem se constituindo como uma área de investigação derivada das pesquisas sobre ambientes de aprendizagem (ZANDVLIET, 2012, apud STUDART, 2017, p. 1136).

Diante do exposto, o presente trabalho objetiva realizar um levantamento das produções publicadas nas três edições do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC), as quais contemplaram o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências.

METODOLOGIA

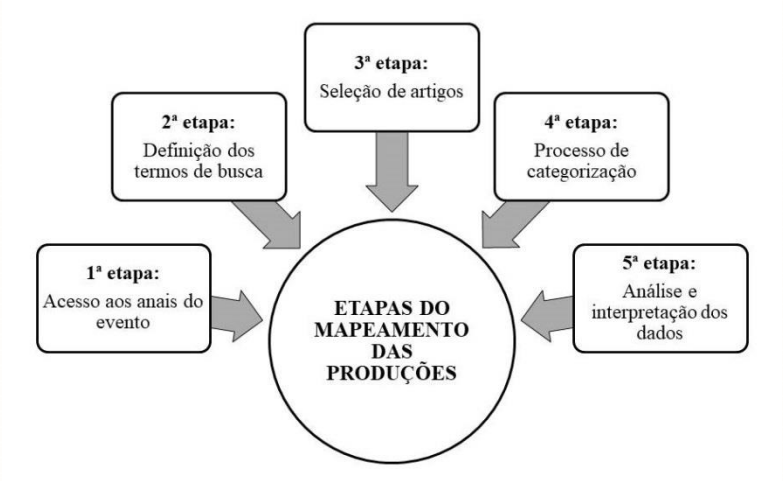
A presente pesquisa possui natureza qualitativa, pois propõe analisar interações entre variáveis para descrever hipóteses e interpretar comportamentos do objeto de estudo de modo subjetivo. Assim, essa metodologia não possui um modelo único e objetivo, tendo em vista que a finalidade é produzir informações a partir da leitura entre o sujeito da pesquisa e o fenômeno, considerando seus significados diversos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009; OLIVEIRA, 2016).

Segundo Oliveira (2016), a pesquisa qualitativa é o estudo de determinado fato, objeto, grupo de pessoas ou fenômeno da realidade, com vistas ao levantamento de informações fidedignas que proponha explicar os significados e as características do objeto de pesquisa. Sendo assim, dados estatísticos podem ser utilizados para esboçar maior precisão aos resultados. Nesse sentido, destacamos que dados quantitativos foram considerados e subsidiaram a presente análise.

Além disso, é considerada do tipo exploratória, uma vez que pesquisa sobre determinado tema através do levantamento e análises de documentos/materiais bibliográficos, para desenvolver estudos que apresentam uma visão geral sobre fatos de interesse (OLIVEIRA, 2016).

Deste modo, visando a aproximação do tema em estudo, realizou-se o mapeamento dos trabalhos publicados nos anais do CONAPESC das edições de 2016 a 2018. Tal atividade se configurou em cinco etapas, as quais estão apresentadas na **Figura 1**.

Figura 1: Etapas utilizadas para o mapeamento das produções do evento



Fonte: Os autores (2019).

Inicialmente, buscou-se nos anais do evento as ocorrências envolvendo a temática desejada. Para sistematizar o estudo, foram analisados os títulos, resumos e as palavras-chave dos trabalhos. Para tanto, fez-se o cruzamento dos seguintes descritores: **Tecnologias de Informação e Comunicação/TIC**, **NTIC, Ferramentas computacionais**, **Softwares educacionais** e **Ensino de Ciências**.

A técnica de análise se debruçou segundo a Análise de Conteúdo de Bardin (2011), a qual possibilita examinar os dados da pesquisa através de inferências que utilizam indicadores e se configura desde a elaboração dos cálculos que fornecem dados, até a extração de estruturas traduzíveis. Bardin (2011) organiza a análise de conteúdo em três etapas constituídas de: I) *Pré-análise*: corresponde ao período de intuições que objetiva operacionalizar e sistematizar as ideias iniciais; II) *Exploração do material*: consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou enumeração, em função de regras previamente formuladas, agregando-os em categorias; e III) *Tratamento dos resultados*: a inferência e a interpretação, que consiste em tratar os resultados brutos de maneira a serem significativos (“falantes”) e válidos.

Sendo assim, utilizando tais elementos, as categorias *a priori* selecionadas serão apresentadas no **Quadro 1**. Vale destacar que subcategorias emergentes surgiram ao longo das análises, as quais foram consideradas.

Quadro 1: Categorias e subcategorias *a priori* utilizadas para análise das produções

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Expressividade das produções	Quantidade total de trabalhos por edição do evento
	Quantidade total de trabalhos sobre as TIC por edição do evento
Foco da Pesquisa	Uso das TIC como recurso de ensino-aprendizagem
	Avaliação das percepções/concepções sobre a aplicação das TIC
	Ensaios teóricos, estados da arte e/ou revisão de literatura sobre TIC
Emprego das TIC por área de ensino	Ensino de Ciências
	Ensino de Química
	Ensino de Física
	Ensino de Biologia
	Aplicáveis a todas as áreas (APTA)
Modalidades de ensino e sujeitos investigados	Ensino Fundamental
	Ensino Médio

	Educação de jovens e Adultos (EJA)
	Ensino superior
	Profissionais da educação
	Aplicáveis a todas as modalidades de Ensino

Fonte: Os autores (2019).

Foram calculados os percentuais das maiores tendências verificadas nas categorias analisadas, fazendo uma análise estatística descritiva básica de todo o material coletado. Dessa forma, identificou-se as distribuições determinando as prováveis tendências das categorias encontradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De um total de 2.086 trabalhos publicados nas três edições do CONAPESC, verificou-se que apenas 41 destes envolviam o tema "TIC e o Ensino de Ciências". O número de publicações de trabalhos por edição, pode ser visualizado no **Quadro 2**.

Quadro 2: Produções do CONAPESC com TIC no Ensino de Ciências

Ano	Evento	Local	Total de Artigos	Artigos sobre TIC
2016	I CONAPESC	Campina Grande /PB	628	12
2017	II CONAPESC	Campina Grande /PB	879	12
2018	III CONAPESC	Campina Grande /PB	579	17
Total			**2086**	**41**

Fonte: Os autores (2019).

Por meio do **Quadro 2** é possível observar que houve um pequeno aumento de trabalhos envolvendo a temática selecionada na última edição do evento. Foram publicados 12 trabalhos na primeira edição (2016), 12 na segunda edição (2017) e 17 na terceira edição (2017), totalizando 41 trabalhos, o que representa aproximadamente 2% das publicações nos anais do evento. Considerando que o CONAPESC consiste em um congresso voltado à pesquisa e Ensino em Ciências, bem como apresenta uma linha de pesquisa específica para estudos dentro da área "*Novas tecnologias, pesquisa e cultura digital: desafios e possibilidades*", esperava-se que houvesse mais produções que contemplassem as TIC.

Frente a isto, reitera-se que as tecnologias podem ser mais exploradas no Ensino de Ciências, já que os documentos legais da educação brasileira sinalizam a relevância de sua utilização, bem como reconhecem que os recursos midiáticos devem permear atividades de aprendizagem. Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também aponta as contribuições das TIC para a compreensão do mundo e formação do indivíduo como ser social na era digital. Conforme o documento, além das relações socioculturais, é interessante também fomentar aos estudantes a interação com as tecnologias digitais, visto que:

> [...] as mais diversas tecnologias de informação e comunicação são fontes que estimulam sua curiosidade e a formulação de perguntas. O estímulo ao pensamento criativo, lógico e crítico, por meio da construção e do fortalecimento da capacidade de fazer perguntas e de avaliar respostas, de argumentar, de interagir com diversas produções culturais, de fazer uso de tecnologias de informação e comunicação, possibilita aos alunos ampliar sua compreensão de si mesmos, do mundo natural e social, das relações dos seres humanos entre si com a natureza. (BRASIL, 2018, p. 56).

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) evidenciam que "Organicamente articuladas, a base comum nacional e a parte diversificada são organizadas e geridas de tal modo que também as tecnologias de informação e comunicação perpassem transversalmente a proposta curricular desde a Educação Infantil até o Ensino Médio" (BRASIL, 2013, p. 33). Em outras palavras, as TIC são recursos que podem ser explorados em níveis educacionais e disciplinas diversas.

Tendo em vista as modalidades de ensino presentes nas publicações selecionadas, buscou-se identificar à que público os trabalhos foram destinados. O **Quadro 3** apresenta os dados encontrados.

Quadro 3: Modalidades de ensino do objeto de estudo

Modalidades de ensino e sujeitos investigados	I CONAPESC	II CONAPESC	III CONAPESC	Total	%
Ensino Médio	06	04	09	19	46%
Aplicáveis a todas as modalidades de Ensino	01	02	06	09	22%
Ensino superior	01	02	02	05	12%
Profissionais da educação	02	02	-	04	10%
Ensino Fundamental	01	02	-	03	7%
Educação de jovens e Adultos (EJA)	01	-	-	01	3%
Total	**12**	**12**	**17**	**41**	**100**

Fonte: Os autores (2019).

É possível inferir que a maioria dos trabalhos que utilizaram tecnologias na educação voltaram-se ao Ensino Médio (46%). Acredita-se que seu uso pode está atrelado a necessidade de uma educação básica com maior significado, ou seja, devido a relevância de um ensino que facilite a compreensão e interpretação de fenômenos das Ciências Naturais. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), o saber científico deve ser desenvolvido como condição à cidadania, já que é parte integrante da cultura contemporânea, por isso precisa ser contemplado no Ensino Básico, bem como no Nível Médio (BRASIL, 2000).

Com relação ao ensino superior, foram encontrados 12% dos trabalhos. Para Lobo e Maia (2015) as TIC também estão presentes no Ensino superior, principalmente devido os estudantes de graduação possuírem familiaridade com os recursos tecnológicos, embora alguns professores universitários se mostrem reticentes. Vale salientar que 22% dos trabalhos foram inseridos na categoria *Aplicáveis a todas as modalidades de Ensino*, visto que se tratavam de ensaios teóricos que contemplavam todos os níveis de ensino investigados. Àqueles que analisavam a perspectiva dos professores frente às tecnologias, foram agrupados em *profissionais da educação* (10%). Para o ensino fundamental tem-se 7% das publicações.

No tocante ao foco das pesquisas encontradas, verificou-se que 24 estavam relacionadas ao uso das TIC como recurso de ensino-aprendizagem (59%); 09 contemplaram ensaios teóricos, estados da arte e/ou revisão de literatura sobre as TIC (22%); e 08 estavam relacionadas à avaliação das percepções/concepções sobre a aplicação das TIC (19%) (**Quadro 4**).

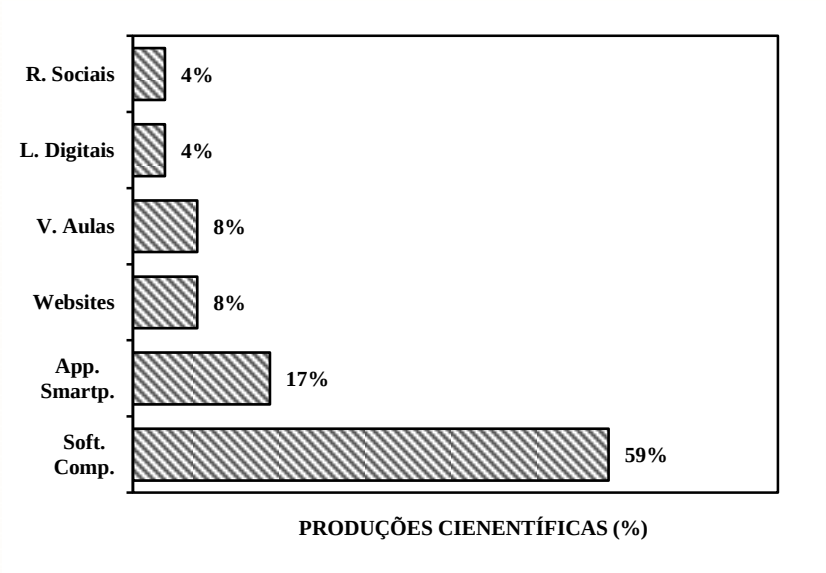
Quadro 4: Foco da pesquisa das produções do CONAPESC envolvendo o uso das TIC no EC

Foco da pesquisa	I CONAPESC	II CONAPESC	III CONAPESC	Total	%
Uso das TIC como mediadores de ensino-aprendizagem	08	06	10	24	59%
Ensaios teóricos, estados da arte e/ou revisão de literatura sobre as TIC	01	03	05	09	22%
Avaliação das percepções/concepções sobre a aplicação das TIC	03	03	02	08	19%
Total	**12**	**12**	**17**	**41**	**100**

Fonte: Os autores (2019).

Dentro da categoria *uso das TIC como mediadores de ensino-aprendizagem* (predominante dentro do foco das pesquisas encontradas), investigou-se os principais recursos utilizados pelos docentes em sala de aula, evidenciados nas publicações, como demonstrado na **Figura 2**.

Figura 2: Principais recursos empregados em sala de aula no processo de ensino-aprendizagem



Fonte: Os autores (2019).

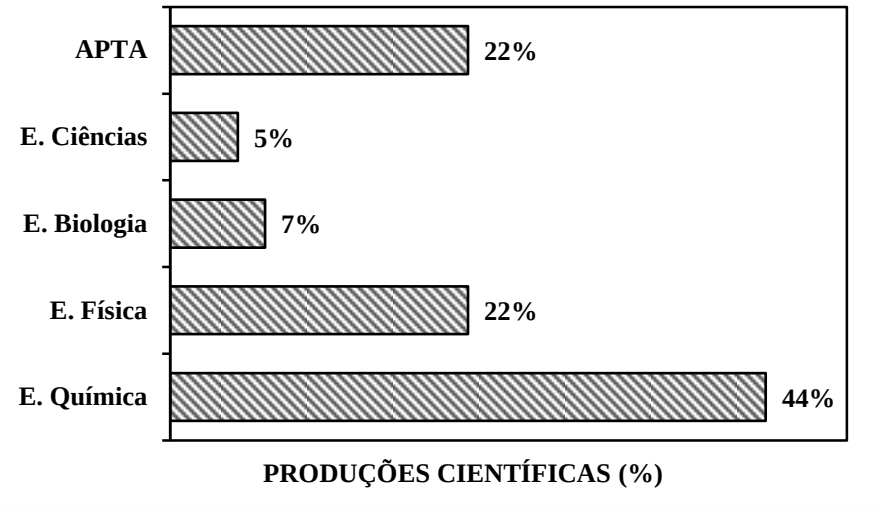
Percebe-se por meio da **Figura 2**, que 59% dos trabalhos, a maioria, utilizaram os *softwares* educacionais como tecnologia mediadora do processo de ensino-aprendizagem. Seguidamente, com 17%, os aplicativos de smartphones vêm sendo empregados pelos professores em sala de aula como recurso pedagógico. Os Websites/blogs e as vídeo aulas, ambas, seguem com 8%. Por fim os livros digitais e as redes sociais foram as TIC menos exploradas, com 4% cada.

Com relação aos *softwares* educacionais, Maran, Masetto e Behrens (2011) afirmam que estes possibilitam a intervenção do professor na construção dos conhecimentos curriculares e na interação de uso (fácil acessibilidade). Complementado este pensamento, Bona (2009) aponta que os *softwares* educativos podem ser um notável auxiliar para o aluno adquirir conhecimentos em determinadas áreas, pois o conjunto de situações, procedimentos e representações simbólicas oferecidas por essas ferramentas é muito amplo e com um potencial que atende alguns conteúdos das disciplinas. “Estas ferramentas permitem auxiliar aos alunos para que deem novos significados às tarefas de ensino, e ao professor a

oportunidade para planejar, de forma inovadora, as atividades que atendem aos objetivos do ensino" (BONA, 2009, p. 36).

Quanto às áreas de conhecimento das produções do evento, a **Figura 3** aponta os resultados encontrados.

Figura 3: Expressividade das produções do CONAPESC por área de ensino



Fonte: Os autores (2019).

Pode-se inferir que 18 dos trabahos voltaram-se ao Ensino de Química (44%), 09 ao Ensino de Física (22%), 03 ao Ensino de Biologia (7%) e 02 ao Ensino de Ciências (5%). 09 trabalhos foram inseridos na categoria A*plicavel a todas as áreas -APTA* (22%), visto que se tratavam de ensaios teóricos, estados da arte ou revisão de literatura.

Embora as análises dos trabalhos do CONAPESC demonstrem que as TIC foram contempladas no Ensino de Ciências Naturais, percebe-se que a área de Química tem explorado de modo mais contundente esse recurso tecnológico. Isso pode está relacionado à percepção dos professores de química às dificuldades dos alunos na assimilação dos conteúdos, os quais, muitas vezes, são considerados de difícil compreensão.

Segundo Pozo e Crespo (2009) o objetivo da química no Ensino Básico é estudar a matéria, suas características, propriedades e transformações por meio de sua composição íntima, a fim de capacitar o aluno a compreender e interpretar o mundo em que vive através da leitura de fenômenos do seu cotidiano. Diante disso, acredita-se que devido consistir em uma ciência que se debruça no estudo de entidades elementares, há uma maior disposição dos professores em utilizar recursos que facilitem a visualização dos fenômenos e modelos

representacionais inerentes à química. À exempo disto, te-se a inserção da experimentação (GUIMARÃES, 2009; FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2017) e de tecnologias educacionais (MACHADO, 2016; SILVA, FERREIRA; SILVEIRA, 2016) no Ensino de Química visando desenvolver seu objetivo.

Considerando que o professor é um mediador dos saberes, é por meio da leitura sobre o processo de ensino-aprendizagem que torna-se possível refletir criticamente e intervir neste contexto. Nesse sentido, defende-se a importância de buscar meios que viabilizem o aspecto fenomenológico, além do teórico e do representacional, os quais segundo Mortimer e Romanelli (2000) são essenciais para o conhecimento químico no ensino médio. Tal entendimento corrobora com o uso das TIC no Ensino de Química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de tecnologias no Ensino de Ciências pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de fenômenos que apresentam difícil vizualização, bem como permite aproximar os estudantes à laboratórios virtuais e softwares que simulam experimentos e demonstram transformações submicroscópicas. Nesse sentido, torna-se relevante explorar as TIC visando uma maior integração conceitual; dinamizar as aulas voltadas à temas de Ciências da Natureza, tornando-as mais interativas; e possibilitar o contato do estudante com tecnologias presentes na sociedade, o que pode auxiliá-lo no desenvolvimento de habilidades inerentes ao cidadão contemporâneo.

Tendo em vista os resultados da pesquisa, percebeu-se que a quantidade de trabalhos utilizando as TIC frente ao número de publicações no CONAPESC, ainda é incipiente, considerando que trata-se de um evento nacional voltado ao Ensino e Pesquisa em Ciências. Ademais, constatou-se que grande parte dos trabalhos relacionou a aplicação das tecnologias educacionais à sala de aula, maiormente no Ensino de Química para o Ensino Médio. Esses dados podem ser atribuídos à necessidade de recursos didáticos que facilitem a compreensão das transformações fenomenológicas e modelos representacionais da composição íntima da química, os quais podem ser auxialiados por meio do uso das TIC.

Destaca-se que, nesse contexto, o professor tem um papel fundamental, visto que este precisa conhecer as dificuldades dos alunos para selecionar as TIC que contemplem os conteúdos a serem estudados, de modo conceitual e interativo. Além disso, reconhecer o contexto escolar e sua singularidade é um desafio que precisa ser gerido, já que muitas

instituições não possuem computadores, acesso à rede mundial de computadores ou equipamentos de projeção. Sendo assim, outras alternativas podem ser consideradas para possibilitar a inserção de teccnologias educacionais no ensino visando o aprendizado das ciências. Deste modo, torna-se relevante que os professores busquem resignificar sua atuação docente à luz dos recursos tecnlógicos educativos.

REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. (Ed.). **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade**). Florianópolis: Organização dos Estados Ibero-americanos Para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI), 2003.

BENITE, A. M. C. BENITE, C. R. M. SILVA FILHO, S. M. Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo – SP, v. 33, n. 2, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum:** versão final. Secretaria da Educação Fundamental. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf >. Acesso em: 15. Jul. 2019.

BRASIL. Secretaria da Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio.** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.

BONA, B.O. Análise de *softwares* educativos para o ensino de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá – MT, v. 4, n.1, p.35-55, 2009.

COLL, C.; MONEREO, C. **Psicologia da Educação Virtual**: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e comunicação. Porta Alegre: Artmed, 2010.

FELTRIN, E. R. As novas tecnologias aplicadas ao ensino de física numa perspectiva construtivista. In: V Seminário Nacional Interdisciplinar em Experiências Educativas, 2015. **Anais do V SNIEE**, Cascavel – PR, 2015.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. **Química Nova na Escola**, São Paulo – SP, v. 32, n. 2, 2010.

FONSECA, S. A. R. S. et al. Biologia no Ensino Médio: Os saberes e o fazer pedagógico com uso de recursos tecnológicos. **Biota Amazônia**, Macapá – AP, v. 4, n.1, p. 119-125, 2014.

GEBRAN, M. P. **Tecnologias educacionais**. Curitiba: IESDE Brasil S.A. 2009.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GREGÓRIO, E. A.; OLIVEIRA, L. G.; MATOS, S. A. Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de Biologia: uma proposição investigativa para o ensino de síntese proteica. **Experiências em ensino de Ciências**, Cuiabá – MT, v. 11, n. 1, p. 101-125, 2016.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo – SP, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

LOBO,A. S. M.; MAIA, L. C. G. O uso das TICs como ferramenta de ensino-aprendizagem no Ensino Superior**. Caderno de Geografia**, São Paulo – SP, v. 25, n. 44, 2015.

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, M. A. S. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do "Estado da Arte". **Revista Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 7, p. 1-12, 2015.

MACHADO, S. A. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo – SP, v. 8, n. 2, p. 104-111, 2016.

MARAN, J; MASETTO, M; BEHRENS, M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica. S**ão Paulo: Papirus. 2011.

MARTINEZ, E. R. M.; FUJIHARA, R. T; MARTINS, C. Show da Genética: um jogo interativo para o ensino de genética. **Genética na escola**, Ribeirão Preto – SP, v. 3, n. 2, p. 24-27, 2008.

MARTINHO. T.; POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v.8, n. 2, p. 527-538, 2009.

MENDES, A. **TIC – Muita gente está comentando, mas você sabe o que é?** Revista Abril, s.n. imasters, artigo de n. 8278, 2008. Disponível em:<http://imasters.com.br/artigo/8278>. Acesso em: 21 jul. 2019.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do Ensino de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo – SP, v. 32, n.94, p. 73-80, 2018.

MORTIMER, E. F.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo – SP, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 7 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2016.

OLIVEIRA, N. M., DIAS JÚNIOR, W. O uso do vídeo como ferramenta de ensino aplicada em biologia celular. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia – GO v.8, n.14; p. 1789-1809, 2012.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, Porto Alegre: Artmed, 2009.

REZENDE, L. A.; STRUCHINER, M. Uma proposta pedagógica para produção e utilização de materiais audiovisuais no ensino de ciências: análise de um vídeo sobre entomologia. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis – SC, v. 2, n. 1, p. 45-66, 2009.

SANTOS, A. B. et al. Um panorama dos trabalhos apresentados nos congressos nacionais de educação (conedu) sobre a experimentação no ensino de ciências. In: IV Congresso Nacional de Educação, 2017. **Anais do IV CONEDU**, Campina Grande/PB, 2017.

SENNA, K. N.; ANDRADE, A. N. C. Avaliação de um Objeto de Aprendizagem para o ensino de Biologia à Educação Básica. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Amazonas, v. 5, n. 10, p. 12-26, 2019.

SILVA, G. R.; MACHADO, A. H. SILVEIRA, K. P. Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia. **Química Nova na Escola**, São Paulo – SP, v. 37, n. 2, p. 106-111, 2015.

SILVA, N. S.; FERREIRA, A. C. SILVEIRA, K. P. Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo – SP, v. 38, n. 2, p. 141-148, 2016.

STUDART, M. Z. N. TIC e Ensino de Ciências na educação básica: a construção de um site sobre o sistema reprodutor humano. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, España, número extra, 2017.

ZANOTTO, D. C. F. **A construção de um software multimídia para o ensino de ciências: uma contribuição ao aprendizado de angiospermas**, 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciência e Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa – PR, 2012.

O APRENDER CRIATIVO ATRAVÉS DOS PROJETOS COM MICROBIT NA EDUCAÇÃO STEM

Márcia Cristina Palheta Albuquerque [1]
David Gentil de Oliveira [2]
Joseline Melo Corrêa [3]
Wellington da Silva Fonseca [4]

RESUMO

Abordagens não tradicionais em salas de aula para o ensino de ciências têm sido estudadas, como, a utilização de robótica ou dispositivos físicos. Este trabalho apresenta uma proposta de utilização de robótica educacional, através da plataforma BBC Microbit, como forma de engajar os estudantes em disciplinas de Ciências, Tecnologias e Matemática (STEM). Foram elaborados cinco projetos com o uso do microbit, além de uma oficina, que foi aplicada na EETEPA Dr. Celso Malcher a fim de investigar a receptividade dos estudantes quanto ao uso do microbit. Desenvolveu-se uma análise quantitativa a partir dos dados obtidos no final da oficina. Observou-se a partir dos dos resultados preliminares que em um curto espaço de tempo, os estudantes conseguiram desenvolver projetos com a plataforma, constituindo-se uma ferramenta educacional que estimula e motiva a criatividade, contribui para inserção do pensamento computacional e dinamiza o aprendizado.

Palavras-chave: Micro:bit, Robótica Educacional, Recursos Tecnológicos, STEM.

INTRODUÇÃO

Ensinar Ciências numa sociedade em que o acesso à informação e os recursos tecnológicos caminham com muita rapidez é desafiador para os docentes, que precisam encontrar meios de incorporar as tecnologias em suas práticas pedagógicas em sala de aula, as quais ainda encontram dificuldades para serem plenamente incorporadas nas escolas. As tecnologias digitais estão a cada dia mais presentes no cotidiano das pessoas, fazendo com que alguns hábitos se modifiquem, tal como a forma de comunicação entre as pessoas (CUCH & MEDEIROS, 2017).

Portanto, é necessário ajustar o ensino às novas exigências da sociedade contemporânea, mas não basta apenas incorporar recursos tecnológicos no processo de ensino e aprendizagem,

[1] Mestranda do Curso de Educação, Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará - UFPA, mcppalheta@yahoo.com.br;
[2] Mestrando do Curso de Educação, Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará- UFPA, profdavidgentil@hotmail.com;
[3] Graduanda do Curso de Engenharia da Computação, Instituto de Tecnologia – UFPA, joselinemcorrea@gmail.com;
[4] Professor Orientador: Doutor, Instituto de Tecnologia - UFPA, fonseca.ufpa@gmail.com.

para garantir que as tecnologias serão plenamente integradas no processo, os professores precisam ser inseridos neste novo percurso educacional, onde o uso dos recursos tecnológicos tem provocado mudanças significativas nas salas de aula. No ensino tradicional, a escola não desperta interesse ao aluno, já que estes estão cercados de jogos online, vídeos dos mais variados assuntos, celulares, tablets e computadores conectados em redes sociais em tempo real, enfim essas diversas formas de acesso à informação estão competindo com a atenção dos estudantes da atualidade. Em Ciências, especificamente na componente curricular de Física para o ensino Fundamental, somam-se a abstração dos conteúdos, a não conexão destes com a realidade, as dificuldades com a ferramenta matemática, além da falta de interação entre aluno e professor e também uma reflexão em função de como estes conteúdos estão sendo ensinados.

A inserção de novas tecnologias em salas de aula pode propiciar o desenvolvimento de novas práticas docentes, gerar melhorias no processo de ensino e aprendizagem, porém, seu uso deve ser cuidadosamente planejado, para não gerar aplicações tecnicistas (SANTOS & SANTOS, 2017). Além disso, podem possibilitar a eles sair da condição de consumidores passivos dos recursos tecnológicos e motivá-los a criar, desenvolver habilidades e torná-los conscientes da importância dos mesmos em seu cotidiano. Nessa perspectiva, vários recursos educacionais baseados na tecnologia têm surgido como ferramentas importantes para o aprendizado. Dentre eles, se destacam a Robótica Educacional (RE), que para De Oliveira (2017), é uma opção interessante como instrumento didático pedagógico no processo do ensino-aprendizagem para os conhecimentos de Ciências.

Trata-se de uma atividade que desenvolve habilidades, competências e estimula o desenvolvimento de algumas inteligências como: a corporal, a linguística, a lógico-matemática e a espacial. Para este trabalho destaca-se o uso do BBC micro:bit, como importante instrumento pedagógico para o ensino-aprendizagem no RE.

O BBC micro:bit foi desenvolvido pela British Broadcasting Corporation (BBC), no Reino Unido, em uma parceria entre companhias de tecnologia, incluindo a ARM Holdings, Nordic Semiconductor, Microsoft, bem como a Lancaster University (ROGERS et al. 2018). O dispositivo micro:bit foi projetado especificamente para fins educacionais em 2015, no ano seguinte um milhão desses dispositivos foram entregues para as crianças, na faixa etária de 11 e 12 anos de idade, nas escolas do Reino Unido. Uma das intenções do projeto foi inspirar os jovens a fazer e construir, em torno especialmente da Internet das coisas (Internet of Things-IoT), e apoiar uma nova geração pioneira em tecnologia, transformando-os de consumidores em criadores de tecnologia (ROGERS, et al. 2018). O fazer é centrado na motivação alinhado

a uma abordagem construcionista, aprendendo de forma ativa e motivadora a qual amplia a participação dos sujeitos (SENTANCE, et al. 2017).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar o uso do BBC Micro:bit como ferramenta educacional para inserir a cultura maker e o pensamento computacional, o letramento científico e computacional a partir da aprendizagem baseada em projetos (PBL) para resolução de problemas no ensino de Ciências, Tecnologias, Artes e Matemática.

METODOLOGIA

No início do ano 2000, os administradores científicos da Fundação Nacional de Ciências dos Estados Unidos (FNC) introduziram na educação americana o campo curricular centrado nas disciplinas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (HALLINEN, 2019), movimento este representado inicialmente pela sigla SMET (science, mathematics, engeeniering, technology). Isto aconteceu devido a uma preocupação desencadeada a partir de resultados obtidos por relatórios técnicos educacionais que indicaram um baixo interesse dos estudantes a essas áreas e, consequentemente, um possível impacto futuro na economia americana. No ano seguinte, a bióloga americana Judith Ramaley (diretora assistente de educação e recursos humanos da FNC) reorganizou as palavras para formar a sigla STEM. Desde então, o currículo focado em STEM foi estendido à muitos países além dos Estados Unidos.

Assim, educadores focados em melhorar a instrução em ciências e matemática empregaram várias abordagens para a educação em STEM. Por exemplo, alguns professores integraram atividades baseadas em projetos que exigiam conhecimento e aplicação de habilidades em áreas específicas, como engenharia. Em alguns casos, atividades extracurriculares, incluindo competições de equipes nas quais os alunos trabalhavam juntos (por exemplo, para construir robôs ou simular engenharia de cidades), foram adicionadas ou expandidas. Os alunos também tiveram a oportunidade de passar tempo com os profissionais nos campos STEM, seja trabalhando ou atuando como estagiários.

Em 2016, Kelley e Knowles sugeriram que a chave para preparar professores em sala de aula para a educação STEM é primeiro começar por alicerçar a compreenção dos conceitos da educação STEM integrada, ensinando teorias-chave de aprendizagem, abordagens pedagógicas e a conscientização dos resultados de pesquisa dessas atuais iniciativas educacionais.

No Brasil, Pugliese (2017) desenvolveu uma pesquisa na qual avaliou, caracterizou e comparou dois programas educacionais baseados em STEM: um brasileiro (programa ACES) e outro estadunidense (programa MESA), em que o objetivo foi compreender de que forma é possível caracterizá-los em relação aos modelos pedagógicos de ensino de ciências. Os resultados encontrados por ele mostraram que os programas STEM estudados apresentam um hibridismo de modelos pedagógicos, o que indica a necessidade de uma orientação metodológica mais bem definida que para o desenvolvimento de dois elementos: a formação docente para o ensino de ciências e a construção de uma visão abrangente sobre a natureza da ciência e seus aspectos sociais.

Enquanto nos Estados Unidos, Carlisle e Weaver (2018) realizaram pesquisas em centros de educação STEM, sendo que os resultados sugerem que a capacidade desses centros em vincular a pesquisa em educação STEM em relação às iniciativas de ensino e aprendizagem proporciona uma amplitude de impacto e atenção em todos os níveis organizacionais. A análise descreve as maneiras pelas quais esses centros apóiam as metas institucionais da educação STEM em nível de graduação e as relaciona a áreas de prioridade nacional.

Neste mesmo ano, Holmlund e colaboradores (2018) desenvolveram pesquisas em instituições de ensino de educação básica no estado de Washington, Estados Unidos, sendo: duas escolas de ensino médio tradicionais, uma terceira escola focada em STEM e por último uma escola de ensino profissionalizante STEM, sendo que mapas conceituais e transcrições de entrevistas de 34 educadores com diferentes papéis foram analisados: professores STEM e não-STEM, administradores e provedores de desenvolvimento profissional STEM. Eles identificaram diferenças entre os educadores em diferentes funções. Sendo assim, é possível perceber que a educação STEM apresenta-se como um tema bastante atual, passível de discussões e interpretações variadas.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), foi desenvolvida pelo filósofo e pedagogo americano John Dewey, no século XX. Ele já chamava atenção para os benefícios de uma metodologia baseada na experimentação e para a capacidade do aluno resolver problemas de forma ativa, por meio da investigação (TEIXEIRA, 2019). Neste contexto, as metodologias ativas surgem como modelo de ensino em que o aluno é o personagem principal no processo de aprendizagem. Dentre os exemplos de metodologias ativas a APB considera o aluno como sujeito central e protagonista de seu conhecimento, além disso, sugere que as aulas apresentem práticas motivadoras, criativas e desafiadoras, que incentivem novos conhecimentos, despertem as habilidades e competências através de projetos desenvolvidos em sala de aula.

Para Bender (2014), a ABP é uma metodologia que tem como essência a interação e o protagonismo dos estudantes nas atividades propostas pelo educador, com o objetivo de que tais atividades sejam significativas por envolverem situações problemas reais. Já para o Buck Institute for Education (BIE), que é uma organização que compartilha cria, reúne e compartilha práticas, e produtos instrucionais baseados em ABP, considera que é um método de ensino em que os alunos ganham conhecimento e habilidades trabalhando para responder a uma pergunta, um problema ou desafio autêntico, envolvente e complexo.

Alguns elementos são importantes para o desenvolvimento de um projeto baseado em ABP, como tema, pergunta desafio, explicação do desafio problema, tarefas a serem executadas, orientação das tarefas e produto final elaborado pelos alunos.

Os projetos da ABP podem ter diversas soluções possíveis para o problema e é importante destacar que cada grupo de aluno apresente soluções diferentes e aceitáveis para um mesmo problema. Durante a construção dos projetos da ABP os docentes percebem sua importância principalmente relacionados a suas etapas, devido as mesmas serem motivadoras e estimulam nos discentes o engajamento e o desenvolvimento de um produto final concreto (TEIXEIRA, 2019).

Utilizar tecnologias na educação, principalmente recursos inovadores, como a Robótica, por exemplo, proporciona aos estudantes uma nova forma de visualizar e abordar conceitos teóricos na prática (SILVA, 2017). Além disso, é importante considerar que os estudantes estão inseridos em ambientes em que os recursos tecnológicos, como aplicativos de celulares, computadores e tablets, logo, há uma necessidade de acompanhar todas essas transformações que as tecnologias têm provocado na vida cotidiana. A robótica é um campo do estudo multidisciplinar, pois une conceitos de várias áreas da tecnologia assim é natural que seja o campo escolhido para a aplicação na área pedagógica (RAMOS DOS REIS et al., 2017). Além disso, a utilização da Robótica tem sido fortemente impulsionada por diversos setores da sociedade, a Indústria 4.0 por exemplo, por exemplo, que atua por meio de empresas, que utilizam tecnologias inovadoras com fábricas totalmente robotizadas e integradas a tecnologia da comunicação e produção digital (OLIVEIRA, 2019).

Uma outra importância da RE é a possibilidade da inclusão digital e social. A partir dessas concepções é crescente a busca por metodologias de aprendizagem que facilitem a inclusão de forma efetiva, considerando todas as vertentes da forma de incluir, como a social, a digital e a de estudantes com necessidades educacionais especiais. Segundo Melo et al. (2018), o processo de inclusão estabelece a união entre os indivíduos na sociedade, no ambiente

educacional não seria diferente. Este tema tem sido muito discutido por diversos autores (MILL & CÉSAR, 2009; MAGALHÃES, et al., 2013; LOPES, et al., 2015; MELO, 2018).

O estudo da RE na sala de aula, surgiu nos Estados Unidos, no início dos anos 80, através das pesquisas de Seymour Papert sobre a linguagem LOGO, desenvolvida por ele, nos anos 60 (PAPERT, 1994). Já, no Brasil a robótica pedagógica foi desenvolvida inicialmente em algumas Universidades, como a Federal do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, além da Estadual de Campinas. Em 1987, surgiu o Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED/Unicamp), lá feitas as primeiras pesquisas na área de RE. Neste período surgiram nos Estados Unidos os kits LEGO, que apresentavam componentes como sensor, motor e luz. Nos anos 90, com a chegada dos PC's e o desenvolvimento do software TcLOGO, que era uma linguagem específica para PC, o NIED passou a utilizar este ambiente para aprendizagem de automação. A partir dos anos 2000, houve um avanço significativo na área da robótica educacional, principalmente com a criação da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), financiada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação e o Ministério da Educação (FNDE/MEC), a OBR tem por objetivo divulgar a robótica educacional através de seus produtos, suas possibilidades de aplicação e estimular a cultura a partir de temas tecnológicos.

Segundo De Oliveira & Fonseca (2018), a RE desperta o desenvolvimento pleno do aluno pois propicia uma atividade única e dinâmica, permitindo a sua construção cultural e, enquanto cidadão torna-o autônomo, independente e responsável. Nos dias atuais a RE ganhou um importante espaço como ferramenta metodológica para ser utilizada como facilitadora no processo ensino-aprendizagem. Além de ser um importante instrumento de inclusão, pois possibilita uma forma de aprender mais humano, em que a interação entre os sujeitos envolvidos no processo se dá através das discussões e do contato com o outro. Tornando, portanto, a sala de aula, um ambiente inteiramente inclusivo.

O BBC Micro:bit é uma pequena placa programável de fácil manipulação que foi desenvolvido em 2015 na Inglaterra (UK) e recentemente chegou ao Brasil. Possui dimensões 5×4 cm, e pesa apenas 8g. É composto por um microcontrolador ARM Cortex M0 de 32 bits, operando a 16 MHz, com 256 KB de memória flash, 16 KB de memória RAM e conectividade Bluethooth Low Energy (BLE) de 2.4 GHz (BALL, et al., 2016). Vem com dispositivos de entrada e saída (In/Out) suficientes para desenvolver inúmeras atividades, além de proporcionar a oportunidade de aprender a programar e pensar de modo divertido e criativo para desenvolver projetos. A saída principal é uma matriz de 25 LEDs inseridos na própria placa, que pode ser

usada para exibir emojis simples, ícones ou mensagens. As entradas incluem dois botões programáveis (A e B), uma bússola, um sensor de temperatura, um acelerômetro e sensor que detecta os níveis de luz ambiente posicionado junto a matriz de LEDs.

Através das 03 portas de entrada e saída em formato de anéis com 4mm de diâmetro, o Microbit pode ser conectado a sensores e dispositivos tais como: Servo Motor, Buzzer, Arduino, Galileo, Kano, litlleBits e Rapsberry Pi (BBC, 2016). Permitindo projetos com diversos níveis de complexidade. Normalmente, um cabo micro USB é utilizado para enviar programas para o micro:bit, entretanto o envio também pode ser feito através do BLE. A fonte de alimentação pode ser através do cabo micro USB ou com duas pilhas tipo palito (2×1,5V, modelo AAA) através do conector JST-2P.

O Microbit pode executar programas escritos em uma das quatro linguagens de programação: a linguagem gráfica baseada na tecnologia Blockly da Google, JavaScript, Python e C++. O ambiente MakeCode da Microsoft possibilita uma fácil e didática abordagem para programação (ROGERS et al., 2018). Este editor online, é um produto desenvolvido pela Microsoft Touch Develop, o qual usa um visual baseado em blocos comparável a outras plataformas já estabelecidas, como o Scratch. Também suporta programação orientada a eventos e execução simultânea de múltiplos grupos de blocos. O uso de blocos torna a semântica clara, sendo que o uso de programação multi-segmentada e orientada a eventos, permite uma simples expressão de construções complexas, e existe um recurso de segurança que ajuda os programadores novatos a evitar erros grosseiros.

A metodologia pesquisa neste trabalho foi a aprendizagem baseada em projeto (ABP). A ABP é uma abordagem sistemática, que envolve os alunos na aquisição de conhecimentos e competências por meio de um processo de investigação de questões complexas, tarefas autênticas e produtos, planejados com vista a uma aprendizagem eficiente e eficaz (MASSON et al., 2012).

A primeira etapa desta pesquisa consistiu na elaboração de 05 (cinco) projetos, os quais foram baseados em conteúdos de Ciências, Tecnologias e Matemática, além de atividades que envolvam a interdisciplinaridade como a linguagem computacional através da programação e conceitos básicos de Geografia. Os projetos apresentados neste trabalho foram desenvolvidos na plataforma MakeCode para Microbit, e utilizou-se a linguagem de programação em blocos. A produção, os ajustes e os testes dos projetos foram feitos no Laboratório de Engenhocas da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Posteriormente a elaboração dos projetos, foi realizada uma oficina de robótica educacional na Escola Técnica Estadual do Pará Dr. Celso Malcher, localizada nas

dependências da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém (PA). Participaram desta oficina, 09 estudantes do curso técnico em Informática, com idades entre 14 e 22 anos. A oficina foi dividida em 05 (aulas) e teve duração de 15 horas no total. Na última aula da oficina aplicou-se um questionário com perguntas fechadas, que caracteriza a pesquisa com natureza quantitativa. O questionário desta pesquisa apresentou uma abordagem sobre a experiência de utilizar o microbit para a elaboração de projetos.

Para a realização da oficina utilizou-se um computador por dupla de alunos, no laboratório de informática da escola, para trabalhar com o MakeCode em conjunto com o Microbit. Nas três primeiras aulas, ministrou-se conceitos básicos de programação necessários à construção dos programas no MakeCode. Durante a aula 4, foram apresentados dispositivos, tais como, buzzer, servo motor e jumpers, para que os alunos pudessem utilizar na construção do projeto final, e na quinta e última aula da oficina os alunos elaboraram um projeto final envolvendo a conexão de algum dispositivo físico ao Microbit.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

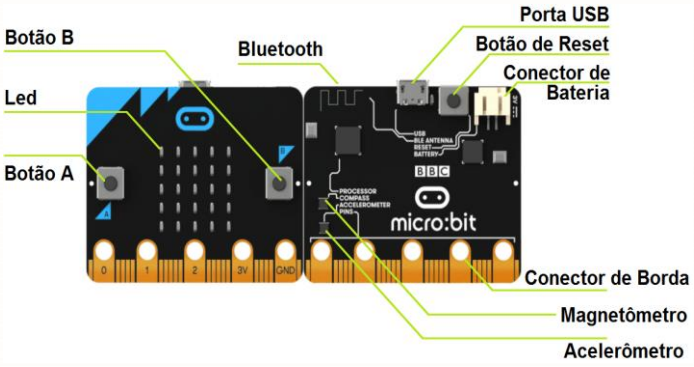
Apresenta-se nesta seção os cinco projetos elaborados no Makecode (Fig. 01), para as atividades propostas em oficinas com a utilização do microbit (Fig. 02), assim como os resultados preliminares obtidos através da oficina aplicada na ETEEPA Dr. Celso Malcher.

Figura 01 – MakeCode



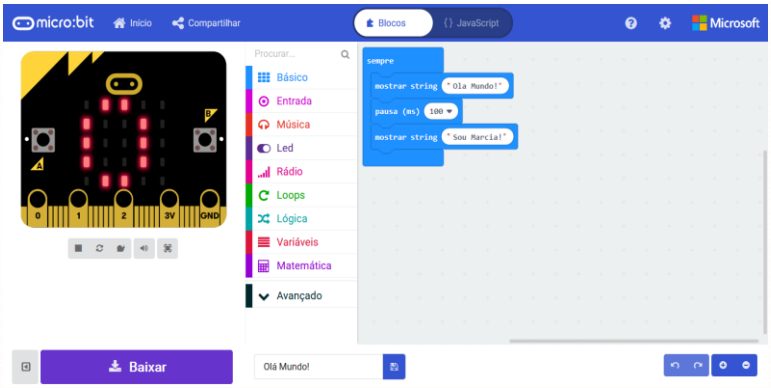
FONTE: Adaptado de Microsoft MakeCode
(https://makecode.com/blog/makecode-overview)

Figura 02- BBC Micro:bit



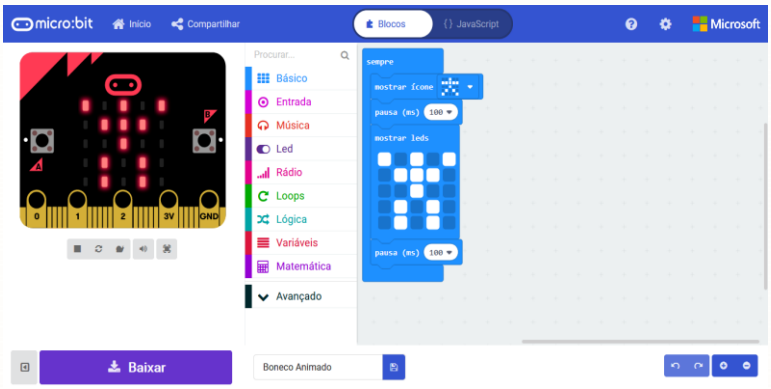
FONTE: Adaptado de Microbit guide.
(https://microbit.org/guide/features/)

Figura 03 – Captura de tela dos projetos



(a)

FONTE: MakeCode

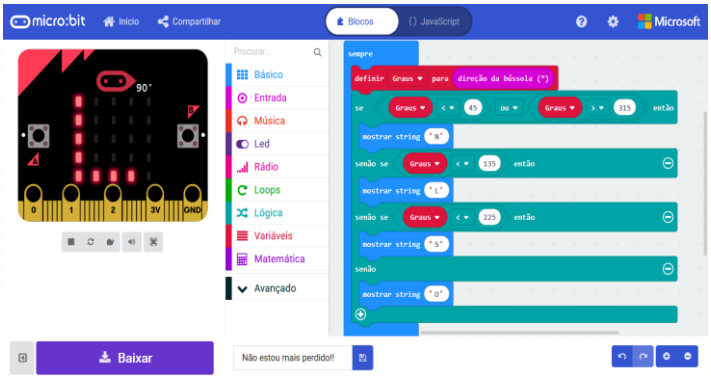


(b)

FONTE: MakeCode

A figura 03 (a e b) apresentam dois projetos que envolvem a programação básica do BBC microbit. Com estas atividades os estudantes participantes terão a oportunidade de estabelecer os passos iniciais com a linguagem computacional em blocos, importante etapa para conhecer a cultura maker e o pensamento computacional, além de incentivar os estudantes do ensino fundamental para o letramento científico e de programação. Nesta atividade o objetivo é proporcionar uma interação inicial através do software. Para Zilli (2004), a programação através de softwares permitem aos alunos e professores a criação de seus próprios protótipos de programas, mesmo sem possuir conhecimentos avançados de programação.

Figura 04 - Aprendendo sobre localização



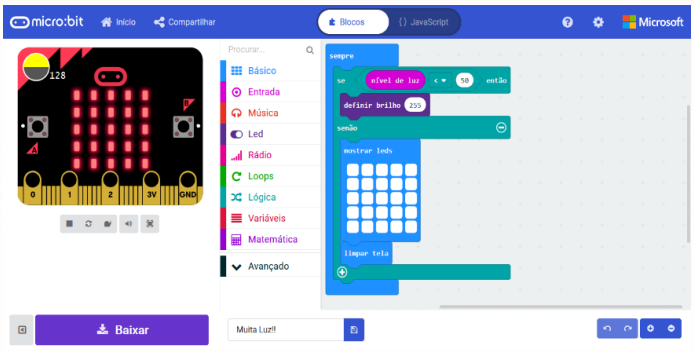
FONTE: MakeCode

O objetivo da atividade proposta (Fig. 04) é apresentar aos estudantes medidas básicas de ângulos. Através da bússola do BBC micro:bit é possível fazer uma analogia com o transferidor, instrumento utilizado para medir ângulos, estabelecendo uma conexão entre a Matemática e a linguagem de programação. Além disso, a atividade proporciona o estudo de coordenadas geográficas a partir dos pontos cardeais (N, S, L, O), os conceitos de latitude e longitude e também o princípio básico do funcionamento do GPS (Global Positioning System). O projeto proposto apresenta uma relação interdisciplinar, pois integra uma ampla diversidade de conhecimentos.

Com o sensor de luminosidade do BBC micro:bit (Fig. 5a) é possível verificar a luminosidade do ambiente usando comando simples de programação. Na atividade proposta utiliza-se os comandos de lógica para estabelecer o limite de nível de luz para o acionamento do brilho na matriz de LED da placa. Este projeto sugere despertar no estudante o uso racional de energia através da mudança de atitudes, como, não deixar lâmpadas ligadas evitando gastos

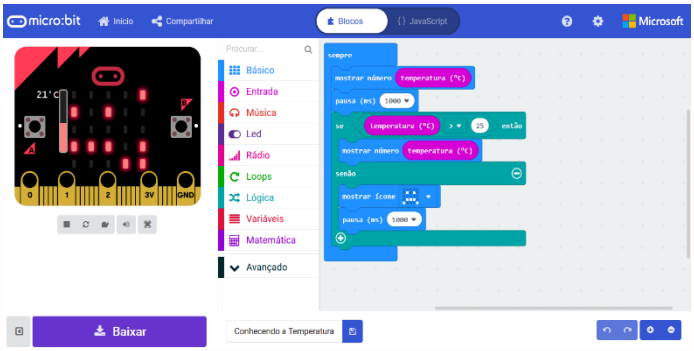
inúteis. Os conceitos de temperatura são trabalhados neste projeto (Fig. 5b). O sensor de temperatura do BBC micro:bit possui uma faixa que se estende de -5º a 50º C, dentro desta faixa o estudante pode interagir no ambiente de programação, explorando as diversas possibilidades de interpretar as variações de temperatura. Neste projeto os professores também podem mediar a construção dos conhecimentos dos alunos acerca das escalas termométricas.

Figura 05- (a) Sensor de Luminosidade (b) Conhecendo a Temperatura (º C)



(a)

FONTE: MakeCode

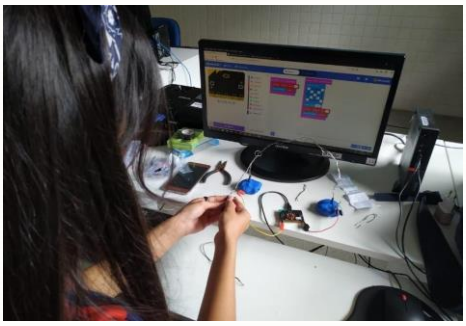


(b)

FONTE: MakeCode

Sendo uma ferramenta relativamente nova no Brasil para o ensino de RE, diferentemente de outras plataformas já consolidadas como Arduíno, resolveu-se verificar a aceitação dela por parte dos estudantes. Na última aula da oficina os alunos presentes desenvolveram projetos com o microbit, um exemplo de projeto construído por uma aluna da oficina é mostrado na figura 6.

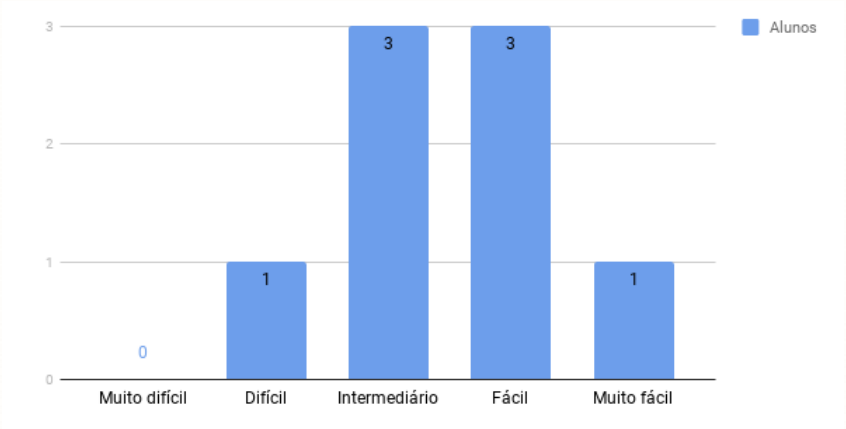
Figura 06- Atividade desenvolvida por aluna



FONTE: Autores.

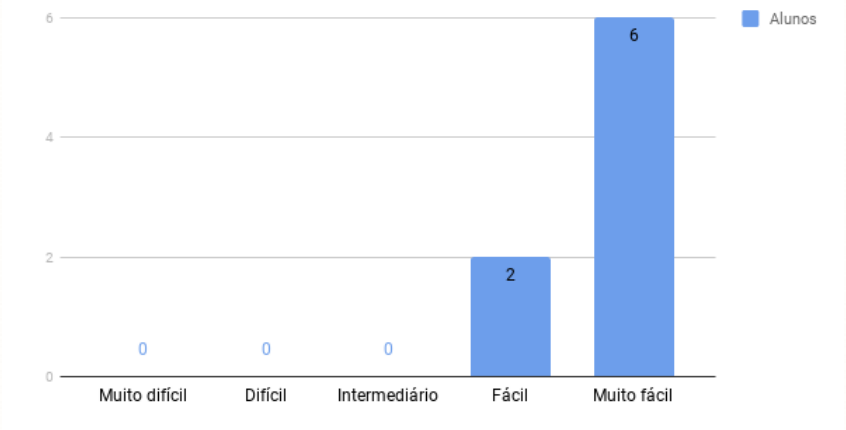
Na aula 05, os estudantes participantes da pesquisa apresentaram seus projetos e ao final responderam um questionário sobre a utilização do micro:bit. Em que foi possível verificar a aceitação do mesmo pelos alunos, de acordo com os gráficos 1 e 2.

Gráfico 1- (a) Avaliação dos alunos sobre a dificuldade para elaborar um projeto final com o microbit



FONTE: Autores.

Gráfico 2- (a) Avaliação dos alunos sobre a facilidade de programar o microbit utilizando o editor makecode



FONTE: Autores.

É importante salientar que, mesmo que os alunos que participaram da oficina não estejam entre o público alvo do projeto final desta pesquisa, tanto por estarem cursando o ensino médio quanto por participarem de um curso técnico, é fato de que a recepção positiva por parte desses alunos serve para validar nossa proposta de utilização do micro:bit. Os resultados apresentados nos gráficos 1 e 2 deste trabalho estão de acordo com Gibson e Bradley (2017), em sua pesquisa com duas escolas (Escola A e Escola B) na Irlanda do Norte (UK), na escola A, dos 41 alunos participantantes da pesquisa, 61% achou o uso do micro:bit muito fácil ou fácil e 22% (9 estudantes dos 41), não teve dificuldade ou muita dificuldade para utilizar o micro:bit. Já para Escola B com uma amostra de 29 estudantes, 69% relataram que o micro:bit é muito fácil ou fácil para utilizar.

Ainda de acordo com De Oliveira & Fonseca (2019), RE é uma opção interessante como instrumento didática pedagógico no processo do ensino-aprendizagem para a disciplina de Ciências, sendo uma proposta educativa que vem ao encontro das teorias e visões dos mais prestigiados educadores da atualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma proposta através do uso do microbit como ferramenta educacional para o ensino e aprendizagem de Ciências, Tecnologias e Matemática. Essas atividades irão compor um conjunto mais amplo de 10 projetos que serão elaborados na plataforma BBC microbit.

Observou-se através dos resultados iniciais que os estudantes podem construir seu conhecimento de forma dinâmica e criativa através de um aprendizado divertido em que eles têm a oportunidade de diversificar seus conhecimentos. Além disso, o microbit como ferramenta de apoio educacional pode proporcionar aos professores explorar todas as alternativas disponíveis para auxiliar no ensino dos conteúdos vistos em sala de aula.

A Robótica Educacional constitui-se uma importante ferramenta de aprendizado científico, a qual pode estabelecer entre os estudantes a colaboração a partir do trabalho em equipe, desperta a criatividade, a descoberta além da interação e da troca de experiências.

Portanto, é possível observar que a pesquisa em Robótica Educacional, através da utilização do BBC microbit apresenta uma importante contribuição para os estudos em recursos pedagógicos, voltados para o ensino-aprendizagem e que, a partir do desenvolvimento desta

pesquisa, muitos questionamentos acerca desta ferramenta de aprendizagem poderão ser respondidos, como por exemplo, avaliar o desenvolvimento do aprendizado dos estudantes.

REFERÊNCIAS

BENDER, W. N. **Aprendizagem Baseada em Projeto**: educação diferenciada para o século XXI. São Paulo. Ed. Penso, 2014.

CARLISLE, D.; WEAVER, G. C. **STEM education centers**: catalyzing the improvement of undergraduate STEM education. International Journal of STEM Education. 5:47, 2018. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0143-2

CUCH, L. R.; MEDEIROS, F. L. **Robótica Educacional como Recurso Pedagógico para Alunos de Baixo Rendimento**. Educere. XIII Congresso Nacional de Educação. De 28 a 31 de ago. 2017. Curitiba, PR. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320065284>. Acesso: 05 jun. 2019.

DE OLIVEIRA, G. D.; FONSECA, S. W. **Projeto Robótica Pedagógica: Resgate do PROUCA para o Ensino de Ciências**. Revista Educar Mais, v. 03, n. 01. p. 79 - 86. Pelotas, 2019.

DE OLIVEIRA, G. D.; FONSECA, S. W. **Robótica Pedagógica, Uma Forma Diferenciada para o Ensino de Ciências na Região Amazônica**. Revista Educitec, v. 04, n. 09. p. 278- 289. Manaus, dez. 2018.

DE OLIVEIRA, G. D.; FONSECA, S. W. **Robótica Pedagógica, Uma Forma Lúdica para o Ensino de Ciências na Amazônia**. III Congresso Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Campina Grande, 2017.

GIBSON, S.; BARDLEY, P. **A study of Northern Ireland Key Stage 2 pupils' perceptions of using the BBC Micro:bit in STEM education**. Trabalho de Conclusão de Curso. St. Mary's University College, Strawberry Hill, Londres. 92 p. Jan. 2017.

HALLINEN, J.. **STEM**. Encyclopeadia Britannica Inc. 2019. URL https://www.britannica.com/topic/STEM-education.

HOLMLUND, T. D.; LESSEIG, K.; SLAVIT, D.. **Making sense of "STEM education" in k-12 contexts**. International Journal of STEM Education. 5:32, 2018. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2

INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE), 2, 2013, Campinas. WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE), 19, 2013, Campinas. Anais. Campinas: UNICAMP, 2013, p. 51-59.

KELLEY, T. R.; KNOWLES, J. G.. **A conceptual framework for integrated STEM education**. 3:11, 2016. DOI 10.1186/s40594-016-0046-z

LOPES, L. V.; SANTOS, L.; SOUZA, L. F.; BARROSO, M. SILVA, C.; SERPA, B.; PEREIRA, E. **A Robótica Educacional como Ferramenta Multidisciplinar: um Estudo de Caso para a Formação e Inclusão de Pessoas com Deficiência**. Revista Educação Especial.

v. 28, n. 53, 735-750, set/ dez. 2015. Disponível em: <http://www.ufsm.br/revistaeducacaoespecial> Acesso: 08 mai. 2019.

MAGALHÃES, R. R.; MARENGO, R.; FERREIRA, N. J. **Robótica Educacional para Inclusão Social: Relato de uma Experiência Extensionista em Lavras/MG.** Revista Ciência em Extensão. UNESP, São Paulo, SP. v. 11, n. 3, 120-131, 2015. Disponível em: <http://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/view/1220>. Acesso: 08 de mai. 2019.

MASSON, J. T.; et al. **Metodologia de Ensino: Aprendizagem Baseada em Projeto (PBL)**. XL Cobenge, Belém, 03 a 06 de set, 2012.

MELO, I. J. R. **A Robótica como Ferramenta Facilitadora e Interdisciplinar no Processo Educacional de Pessoas com Neurodiversidade**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRA, p. 83, Belém, PA. 2018. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/122/simplesearch?filterquery=true&filtername=has_content_in_original_bundle&filtertype=equals>. Acesso: 08 de mai. 2019.

MELO, I. J. R.; MIRANDA, A. S.; ELISIARIO, L. S. **A Robótica como Ferramenta Facilitadora na Educação de Pessoas com Neurodiversidade**. V Congresso Paraense de Educação Especial. UNIFESSPA, Marabá, PA. 15 a 17 out. 2018. Disponível em: <https://cpee.unifesspa.edu.br/images/ANAIS_VCPEE/RELATOS_DE_EXPERIENCIA/AROBTICACOMOFERRAMENTA.pdf>. Acesso: 08 de mai. 2019.

MILL, D.; CÉSAR, D.. **Robótica Pedagógica Livre: Sobre Inclusão Sócio-Digital e Democratização do Conhecimento. Perspectiva**. V. 27, n. 1, 217-248. jan/jun. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/2175-795X.2009v27n1p217>. Acesso: 08 de mai. 2019.

OLIVEIRA, N. A. A.. **Aprendizagem Baseada em Projetos na Formação de Alunos de um Curso de Licenciatura em Letras**: um estudo de caso em uma Instituição de Ensino Salesiana. Tese (Doutorado). PUC, São Paulo, 2019.

OLIVEIRA, S. D.; GARCIA, S. T. L.; GONÇALVES, G. M. L. **Políticas de Formação de Professores: Inovação para o Uso da Robótica como Recurso Pedagógico**. Revista Linhas. v. 20, n. 43, p. 102 - 131, mai/ago 2019.

OLMSTEAD, A.; BEACH, A.; HENDERSON, C.. **Supporting improvements to undergraduate STEM instruction: an emerging model for understanding instructional change teams**. International Journal of STEM Education. 6:20, 2019. https://doi.org/10.1186/s40594-019-0173-4

On the About the BBC Blog Head of BBC Learning, Sinead Rocks. BBC micro:bit, groundbreaking initiative to inspire digital creativity and develop a new generation of tech pioneers (2016). Disponível em <http://www.bbc.co.uk/mediacentre/mediapacks/microbit/>. Acesso: 28 de jun. 2019.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática**. Artes Médicas. Porto Alegre. 1994.

PUGLIESE, G. O.. **Os modelos pedagógicos de ensino de ciências em dois programas educacionais baseados em STEM (science, technology, engineering and mathematics)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas: 2017. 135 p

REIS, R. E. C. **Robótica Educacional Aplicada ao Sistema Digestório**. Scientia Cum Industria, v. 5, n 01, p. 186 - 192, 2017.

ROGERS, M. P., & SIEVER, B. **A Macro View of the Micro : Bit. Journal of Computing Sciences in Colleges**. Volume 33 Ed. 5, Mai .2018 Pag. 124-132. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3205004>. Acesso: 01 de jun. 2019.

SANTOS, T. F. M., SANTOS, P. J. S. **A Robótica Educacional na Discussão das Forças de Atrito**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XI ENPEC). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 03 a 06 de julho, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1553-1.pdf>. Acesso: 01 de jun. 2019.

SENTANCE, S.; WAITE, J.; HODGES, S.; MACLEOD, E.; & YEOMANS, L. **"Creating cool stuff" – Pupils' experience of the BBC micro:bit**. Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education. Ed. Setembro, 2014, 531–536.

SILVA, M. V. Da. Robótica Educacional: **Um Recurso para Exploração de Conceitos Relacionados à Transferência de Calor**. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário Univates. Lajeados, RS. 2017. 99 p.

TEIXEIRA, L. S. **Aprendizagem Baseada em Projetos no Curso Técnico de Informática: Potencialidades e Desafios**. Dissertação (Mestrado). Uninove, São Paulo, 2019.

ZILLI, S. R. **A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Práticas.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/86930>. Acesso: 08 de mai. 2019.

O DESENVOLVIMENTO DA HABILIDADE DE IDENTIFICAR ÁLCOOIS EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA

José Olímpio de Oliveira Neto[1]
Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino-Jr[2],
Analice de Almeida Lima[3]

RESUMO

Esta pesquisa teve o objetivo principal de investigar o grau de desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois em um grupo de licenciandos em química. O aporte teórico-metodológico utilizado na investigação foi fundamentado no Enfoque Histórico-Cultural, particularmente em aspectos da qualidade da ação, propostos na Teoria da Assimilação por etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, de Piotr Yakovlevich Galperin, um colaborador de Lev Vigotski. Concentrando-se na qualidade do grau de solidez, que expressa a possibilidade de se obter sucesso na execução da ação após algum tempo após sua formação, aplicou-se a um grupo de licenciandos em Química uma lista de problemas baseados na identificação de álcoois. A investigação revelou um baixo grau de desenvolvimento da habilidade de identificar esse grupo de substâncias orgânicas, apesar de esses estudantes de nível superior já terem estudado esse conteúdo, tanto no ensino médio quanto em disciplinas do seu Curso de Graduação. Os resultados destacam a importância da aprendizagem conceitual vinculada intencionalmente à formação de habilidades. Eles também corroboram para a necessidade de se dar atenção a aspectos conceituais fundamentais na abordagem de conteúdos químicos, muitos deles considerados simples, especialmente na formação dos futuros professores.

Palavras-chave: Teoria de Galperin. Função álcool. Formação de habilidades.

INTRODUÇÃO

Os álcoois são um importante grupo de substâncias químicas. A diversidade qualitativa e quantitativa dos constituintes dessa função orgânica é verificada tanto em sua ampla ocorrência em sistemas biológicos quanto como resultado dos produtos gerados via metodologias sintéticas. As diferentes propriedades exibidas pelos álcoois são responsáveis pelas suas funções biológicas e aplicações, seja nos sistemas naturais ou em diferentes segmentos da atividade humana, conforme é verificado com o colesterol (hormônio), com o mentol (flavorizante) e com a glicerina (solvente e matéria-prima para sínteses), por exemplo.

1 Mestre em Ensino das Ciências, professor da rede pública dos Estados de Pernambuco e da Paraíba. olimpiodeoliveira@gmail.com
2 Doutor em Educação, professor do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). cristianomarcelino-jr@gmail.com
3 Doutora em Educação, professora do Departamento de Educação da UFRPE. analice05@yahoo.com.br

O verbete "álcool" é creditado como uma derivação do termo árabe, *al-kuhul*, e a sua proposição, no sentido atual, é atribuída a Paracelso, para designar o produto volátil resultante de sucessivas destilações do vinho (BASSETO, 2001). O uso coloquial desse termo caminhou historicamente ao lado das aplicações do seu principal representante, o etanol, especialmente nas bebidas e como combustível. No entanto, a sua normatização como um termo científico aconteceu somente em 1892, quando se estabeleceu que "álcool" deve se referir a uma função orgânica oxigenada e a substância representada por CH_3CH_2OH passou a ser designada oficialmente por etanol (SOLOMONS; FRYHLE, 2012). Apesar da normatização, o termo "álcool" continua a exibir certo tipo de representação social na qual uma classe de substâncias se associa fortemente a um único dos seus representantes. Para a maioria das pessoas álcool é o etanol, e só! Situações nesse sentido também têm sido vivenciadas nos processos de ensino-aprendizagem de química.

O conhecimento construído em torno desse grupo de substâncias contribuiu para que função álcool se tornasse um conteúdo químico historicamente contemplado nos currículos dos diferentes níveis de ensino. No ensino médio, é comum perceber que muitas propostas para a abordagem do conteúdo álcoois são limitadamente centradas no etanol, conforme visto em Dazzani *et al*. (2003), Dias e Silva (1996), Ferreira, Mol e Silva (1997), Ferreira e Montes (1999), Leite e Cunha (2009), e Rodrigues *et al* (2000). No ensino de química, mais do que uma questão de semântica, uma associação exagerada da função álcool ao etanol pode contribuir e/ou se incidir em um problema conceitual, com diferentes implicações negativas, especialmente quando tal associação se torna limitante e/ou excludente.

A verificação da associação restritiva de álcool ao etanol também no ensino superior motivou a realização de uma pesquisa sobre a formação da habilidade de identificar álcoois nesse nível de escolaridade. Aqui, apresentamos parte dessa investigação, cujo objetivo principal foi investigar o grau de desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois em licenciandos em Química. O interesse no objeto de pesquisa se associou ao fato de que a habilidade de identificar álcoois é um conhecimento necessário no ensino-aprendizagem de Química. Ela é uma habilidade mais específica e se insere dentro de uma habilidade mais geral, que é uma das habilidades de interesse para o ensino de química: a habilidade de identificar substâncias (BRASIL, 2006).

O delineamento teórico-metodológico para se atingir esse objetivo se baseou no Enfoque Histórico-Cultural, um conjunto de teorias psico-pedagógicas fundamentadas nas ideias decorrentes dos trabalhos de Vigotski, de Luria, de Leontiev, de seus colaboradores e outros seguidores (NÚÑEZ, 2009). Direcionou-se a atenção para alguns autores que trazem

importantes contribuições para se compreender a formação de conceitos pela via da formação de habilidades.

O termo “habilidade” é polissêmico. Distanciando-se de outras compreensões, para os autores do Enfoque Histórico-Cultural, as habilidades são elementos psicológicos que constituem a personalidade, mas que nascem e se manifestam a partir das relações construídas socialmente (LEONTIEV, 1993). Uma habilidade mental – intelectual, cognoscitiva - trata-se de um elemento psicológico bastante complexo e amplo, vinculado à capacidade humanamente adquirida de o indivíduo utilizar seus conhecimentos e hábitos, tanto na atividade teórica quanto na prática (DANILOV; SKATKIN, 1978). Leontiev (1993) destaca que uma habilidade é a ação que se executa com um alto nível de domínio, para a regulação adequada da atividade, dos conhecimentos e dos hábitos que um indivíduo possui.

Para os autores do Enfoque Histórico-Cultural, os componentes “conhecimento” e “habilidade” constituem um par dialético, pois se pressupõem mutuamente e se complementam (NÚÑEZ, 2009). Consequentemente, a formação de habilidades está indissoluvelmente ligada à formação dos conhecimentos, ou seja, não se pode entender os dois sistemas como independentes ou paralelos.

Os conhecimentos se relacionam aos conceitos científicos. Na perspectiva do Enfoque Histórico-Cultural, a estrutura de um conceito é definida por um conjunto de características necessárias e suficientes que corresponde a se considerar o conteúdo e a totalidade de objetos a ele pertencentes (TALÍZINA, 2001; RIBEIRO; NÚÑEZ, 1997). A expressão “características necessárias e suficientes” tem uma concepção filosófica e aplica-se aos procedimentos lógicos (por exemplo: definição, classificação e identificação), no sentido de expressar uma relação bicondicional (TALÍZINA, 1987). As características necessárias permitem que a definição de um objeto se aplique a todos os objetos de determinada classe, fazendo com que não se deixe de fora coisas que devem ser incluídas. Já as características suficientes fazem que a definição de um determinado objeto se aplique apenas àquela classe e a nada mais, ou seja, não se incluam coisas que devem ser excluídas. Um conjunto de características necessárias e suficientes pode ser considerado como indícios substanciais que são “comuns” a certo grupo de objetos para distinguir o grupo dado dos demais (DAVIDOV, 1983).

A habilidade de identificar visa estabelecer a identidade de um objeto (concreto ou abstrato, como um objeto químico) com base nas características necessárias e suficientes para que ele seja o que é (TALÍZINA, 1987). O procedimento lógico de identificação se expressa por meio de um conceito, por isso a habilidade de identificar está estreitamente relacionada

com a habilidade de definir, inclusive auxiliando na sua sistematização. Destaque-se que: saber definir não significa necessariamente saber identificar. Conforme alerta Talízina (2001), pode-se falar sobre os conhecimentos dos estudantes à medida que eles sejam capazes de realizarem determinadas ações com estes conhecimentos, sendo assim, a identificação também se vincula à aplicação do conceito.

Os autores do Enfoque Histórico-Cultural concordam que qualquer habilidade intelectual possui uma estrutura. Cada uma dessas estruturas é composta por um sistema executor – um conjunto de ações e operações – que se vincula a conhecimentos conceituais trabalhados nos conteúdos das disciplinas (NÚÑEZ, 2009). O sistema executor de uma habilidade apresenta uma estrutura invariável, também chamada de invariante, e se relaciona a procedimentos lógicos. Por isso, na solução de qualquer problema (como um problema químico) relacionado à identificação, existe um conjunto de ações a serem realizadas. Quando se particularizam essas identificações, como na identificação dos tipos de álcoois, essas ações se desdobram em um conjunto de operações mais específicas.

Para incluir um objeto em um conceito é preciso conhecer a lógica geral do conceito e a lógica específica (TALÍZINA, 2001). A lógica geral leva à determinação da estrutura do conceito pela avaliação se o sistema de características que o constitui está presente em uma das seguintes formas: i) disjuntiva (a presença de uma das características permite a identificação), ii) conjuntiva (todo o conjunto de características tem de estar presente para que ocorra a identificação) e iii) mista (estão presentes ambas as estruturas, conjuntiva e disjuntiva)4 (TALÍZINA, 2009). Na lógica específica serão determinadas as condições que se estabelecem no conceito segundo sua necessidade ou diferença para incluir ou não o objetivo no dito conceito e próprias da matéria objeto de estudo, como se deve fazer no caso da identificação dos álcoois.

A estrutura do tipo conjuntiva na assimilação de um conceito se faz presente no conceito de álcoois. Na estrutura conjuntiva, as características necessárias e suficientes do conceito interligam-se pela conjunção “e”. Essas características são utilizadas de forma complementar, mesmo porque nenhuma delas isolada permite o reconhecimento de qualquer objeto. Desse modo, no caso de uma das características do objeto estar ausente, há uma

4Na estrutura disjuntiva, as características necessárias e suficientes da definição do conceito estão ligadas pela disjunção “ou”. O tipo de conceito determina aquelas características que devem estar antes e que devem estar depois da disjunção. Não há um complemento, mas uma combinação: uma ou outra característica ligada pela disjunção “ou”, pode ser suficiente para o reconhecimento do conceito (TALÍZINA, 2009). No caso de não pertinência, se as duas características não estiverem presentes, nem antes nem depois da disjunção “ou”, tem-se uma situação de resposta negativa. Na estrutura conjuntiva-disjuntiva, há característica(s) necessária(s) antes da conjunção “e”, e outra(s) necessária(s) depois da conjunção “ou” (RIBEIRO; NUÑEZ, 1997).

situação de não pertinência, resposta negativa suficiente para excluir o objeto da classe dada (RIBEIRO; NÚÑEZ, 1997).

Talízina (1987) pondera que a estrutura da habilidade identificar está relacionada ao seguinte conjunto de ações que devem ser assimiladas:

1. destacar o conceito no qual se pretende incluir um ou outro objeto; estabelecer em que condições um objeto pode pertencer ao conceito;
2. estabelecer se o objeto dado tem ou não o sistema de características necessárias e suficientes do conceito.

Por isso, deve-se tomar consciência da estrutura lógica do conceito, para que se evite cometer o erro típico de se proceder a identificação com base em qualquer característica. Como diz Talízina (2009, p.74), "[...] o trabalho sobre o desenvolvimento do pensamento lógico dos estudantes ocorre, 'em geral', sem o conhecimento do sistema dos meios necessários, de seu conteúdo e da sequência de sua formação" Em alguns casos, o estudante opera com características necessárias ou suficientes sem que houvesse ambas condições juntas e acabam incorrendo em deficiências de análises. Essa atenção deve ser considerada na identificação de álcoois.

As substâncias pertencentes à classe de compostos orgânicos chamados de álcoois são caracterizadas estruturalmente pela presença de pelo menos um grupo –OH (hidroxila) ligado a um carbono saturado, sendo este o grupo funcional prioritário na molécula, de acordo com os critérios de prioridades estabelecidos pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) (IUPAC, 1997). Essa é uma estrutura aditiva. A característica químico-estrutural (representacional) é utilizada tanto para a nomenclatura quanto para as classificações comumente realizadas para sistematizar os representantes dessa função. Portanto, para ser um álcool é preciso que na sua estrutura química haja pelo menos uma hidroxila **e** que ela(s) esteja(m) ligada(s) a carbono(s) saturado(s) **e** que ela seja o grupo funcional prioritário na molécula. A hidroxila apresenta maior prioridade sobre substituintes alquílicos, sobre insaturações, sobre halogênios e sobre grupos amina. Por outro lado, ela exerce menor prioridade em relação a grupos carbonílicos, acila e carboxílicos.

Os conceitos relacionados à função álcool auxiliam a identificar os objetos e os fenômenos envolvendo esse grupo de substâncias orgânicas. Com a ajuda desses conceitos químicos, conhece-se a essência de determinados objetos (estruturas químicas) e de fenômenos (propriedades), quando se abstraem e generalizam as suas características ou aspectos mais significativos. Identificando-se um álcool têm-se informações suficientes sobre

a sua estrutura e pode-se realizar algumas explanações sobre as suas propriedades físicas e químicas. Portanto, essa é uma habilidade a ser formada.

Alguns autores do Enfoque Histórico-Cultural se dedicaram à temática formação de habilidades. Mas, Galperin propôs uma teoria que tem servido de sustentação para operacionalizar a formação de habilidades intelectuais nos processos de ensino-aprendizagem em diferentes níveis de escolaridade.

Proposta na década de 1950, a obra de Galperin continua viva e atual, e tem servido de base de muitas estratégias de ensino-aprendizagem (NÚÑEZ; RAMALHO, 2017; PODOLSKIJ, 2009). No Brasil, ela tem sido alvo de diferentes pesquisas educacionais nas duas últimas décadas, especialmente pela sua difusão nos trabalhos realizados por Núñez (2009). A partir de então, cresceu o interesse pela sua aplicação no campo educacional, em diferentes áreas, incluído a Química (NÚÑEZ; RAMALHO, 2018).

A teoria de Galperin, a Teoria da Assimilação por etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, explica o processo de apropriação de novos conhecimentos e a formação habilidades, ou a incorporação de novas qualidades aos conhecimentos e habilidades que o indivíduo já possui (NÚÑEZ, 2009). Aplicação dos fundamentos filosóficos do materialismo dialético e histórico, ela operacionaliza o conceito vigotskiano de interiorização. A ideia fundamental da teoria da galperiana é a de que as ações mentais, ações objetivas por sua natureza, inicialmente se realizam por meio da atividade orientada com apoio de objetos externos ou com as suas representações materiais. Depois, passam por outras etapas até chegarem a ser realizadas no plano mental, tornando-se propriedades da psiquê. Nesse processo, a forma da ação muda (material, verbal e mental), mas o seu conteúdo permanece constante (GALPERIN, 2001). Esse processo formativo resulta da unidade da atividade psíquica e prática (da atividade interna e externa) e dos mecanismos de transformação de uma em outra como um processo dinâmico e complexo (GALPERIN, 2001). Portanto, a teoria de Galperin busca auxiliar na compreensão de como uma forma socialmente e culturalmente mediada de atividade é transformada em atividade mental.

Galperin considera três subsistemas, integrados entre si, para a realização da ação (NÚÑEZ; RAMALHO 2017): i) o das condições que garantem a correta execução da ação (das condições); ii) o da passagem da ação do plano externo ao plano mental, ou seja, a das etapas de assimilação. e iii) o das propriedades qualitativas da ação (dos indicadores qualitativos), que possibilitam a formação da ação com determinadas qualidades. O subsistema de condições envolve a atividade orientadora. O subsistema das etapas de assimilação se relaciona com o processo de interiorização da ação, que segue uma abreviação-

generalização, para que ela possa adquirir um caráter psíquico, de acordo com sucessivos momentos funcionais, as etapas para a formação das ações mentais (1 - etapa motivacional; 2 etapa de estabelecimento da base orientadora da ação (BOA); 3 - etapa de ação na forma material ou materializada de ação; 4 - etapa de formação da ação como linguagem verbal externa, socializada na comunicação com os outros; 5 etapa de formação da ação na linguagem externa, na comunicação "para si"; e 6 - etapa da formação de ação mental no plano mental). Um terceiro subsistema para a ré o dos indicadores qualitativos da ação. Desse modo, é possível delimitar parâmetros que se constituam em indicadores de qualidade de uma habilidade a ser formada ou já formada (ou que deveria ter sido formada).

Galperin propôs diferentes tipos de indicadores. Talízina (1987) agregou novas características às proposições galperianas e classificou as características qualitativas da ação em primárias e secundárias. As características primárias são independentes (o grau de generalização, o grau de detalhamento, o grau de assimilação e o grau de independência); já as secundárias são consequência de outra(s), como ocorre com a solidez da ação (TALÍZINA, 2001). A solidez da ação expressa a possibilidade de se obter sucesso na execução da ação após algum tempo após sua formação. Conforme destacam Núñez e Ramalho (2017), o grau de solidez é consequência da forma da ação, do grau de generalização e do grau de automatização, portanto: quanto mais completo é o processo de internalização, maior é o grau de generalização, mais automatizada e mais sólida é a ação.

A investigação do grau de desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois foi realizada junto a licenciandos em Química de uma turma da disciplina de Prática Pedagógica no Ensino de Química, de uma universidade pública da rede federal de ensino. Quando solicitados a participarem da pesquisa, inicialmente os licenciandos acreditavam que o processo de identificação de álcoois era de alto grau de domínio pela grande maioria. No entanto, após a avaliação eles concordaram que, apesar de ser um conceito simples, o conceito de álcool não estava satisfatoriamente interiorizado como será apresentado em continuidade.

METODOLOGIA

A investigação utilizou procedimentos qualitativos para a obtenção, análise e interpretação dos dados (MINAYO, 2000). A pesquisa foi desenvolvida no semestre 2018.2, junto a 29 (vinte e nove) licenciandos de uma universidade pública federal, matriculados e frequentadores da disciplina de Prática Pedagógica para o Ensino de Química II, do 5º

(quinto) período. Os sujeitos eram de duas turmas: turma A, 11 (onze), turno da tarde; e turma B, 18 (dezoito), noturna. Todos os participantes preencheram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). No estabelecimento e realização da pesquisa, não foi solicitado avaliação ética pelo sistema CEP/CONEP, pois inexistia Comitê de Ética na Instituição.

A coleta de dados para diagnóstico do grau de desenvolvimento da habilidade foi realizada via aplicação de um questionário (I), contendo um conjunto de 5 (cinco) questões (apêndice I). Essas foram desenvolvidos a partir de fatores apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Fatores considerados para o desenvolvimento dos problemas utilizados no diagnóstico do grau de desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois.

Questão	Aspecto norteador	Problemática discente em relação ao conteúdo	Aspecto investigado
1	Identificação de um álcool sólido e explicação sobre a sua insolubilidade em água.	Crença que os álcoois apresentam baixos pontos de fusão, por isso devem ser líquidos à temperatura ambiente, e que são totalmente solúveis em água.	Identificação estrutural com base nas características necessárias e suficientes e compreensão que as propriedades físico-químicas dos álcoois dependem das suas estruturas químicas.
2	Identificação de um álcool líquido e explicação sobre seu alto ponto de fusão, em relação a outros solventes.	Crença que o resfriamento de um álcool à temperatura pouco abaixo da temperatura ambiente não afetará o seu estado físico.	
3	Identificação de álcoois a partir de nomes de substâncias pertencentes a funções orgânicas diferentes, mas com nomes terminados em “ol”.	Vinculação exclusiva da terminação de álcoois ao sufixo “ol”.	Interferência de aspectos sensoriais (gráficos) sobre a identificação estrutural com base nas características necessárias e suficientes do conceito.
4	Identificação de álcoois como reagentes e produtos de reações.	Dificuldades na identificação de álcoois em reações químicas vivenciadas em situações do cotidiano social, científico e tecnológico.	Relação identitária entre grupo funcional das estruturas dos álcoois e suas e propriedades químicas.
5	Identificação de álcoois a partir de um conjunto de substâncias orgânicas hidroxiladas.	Estipulação da presença de hidroxila em carbono saturado como critério único para identificação de álcool.	Utilização do conjunto das características necessárias e suficientes do conceito de álcoois.

Para cada uma das questões, estabeleceu-se um conjunto de categorias de análise tendo o grau de solidez como indicador qualitativo, considerando-se que a solidez é maior quanto mais completo é o processo de internalização (GALPERIN, 2001). Os parâmetros utilizados estão apresentados nos quadros de 2 a 11, exibidos em continuidade.

Questão 1 – Identificação e solubilidade de um álcool sólido

Quadro 2 – Análise das respostas da questão 1

Identificação e solubilidade de um álcool sólido				
Alternativa A	Função Orgânica	Álcool	Correto	
			Incorreto	
		Outra função	Qual?	
Alternativa B	Solubilidade	Estrutura química	Parte polar e outra apolar mais significativa.	
		Outras	Quais?	

Quadro 3 – Análise do grau de solidez da habilidade nas respostas à questão 1

Grau de solidez	Função Orgânica	Solubilidade	Resultado
MUITO ALTO	Álcool	Influência da parte apolar na estrutura química	
ALTO	Álcool	Tamanho da cadeia carbônica	
BAIXO	Álcool	Não respondeu ou não respondeu satisfatoriamente	
MUITO BAIXO	Outra ou não respondeu	Não respondeu ou não respondeu satisfatoriamente	

Questão 2 - Identificação e ponto de fusão de um álcool líquido

Quadro 4 – Análise das respostas da questão 2

Possibilidade de um álcool líquido congelar a 25°C				
Álcool	Sim	Por quê?	Álcoois podem ser sólidos ou líquidos à temperatura ambiente	
			Um álcool pode ter esse ponto de fusão	
			Outra resposta.	
			Não respondeu.	
	Não	Por quê?	Álcoois não podem ser sólidos à temperatura ambiente	
			Outra resposta.	
			Não respondeu.	

Quadro 5 – Análise do grau de solidez da habilidade nas respostas da questão 2

Grau de solidez	Álcool	Explicação	Resultado
MUITO ALTO	Sim	Álcoois podem ser sólidos ou líquidos à temperatura ambiente	
ALTO	Sim	Um álcool pode ter esse ponto de fusão	
BAIXO	Sim	Não explicou satisfatoriamente ou não respondeu	
MUITO BAIXO	Não	Álcoois não podem ser sólidos à temperatura ambiente, não respondeu ou deu outras explicações não satisfatórias	

Questão 3 – Identificação de álcoois a partir da nomenclatura terminadas em "ol"

Quadro 6 – Análise das respostas da questão 3

Quantidade de substâncias indicadas como álcoois	
Apenas os 4 álcoois, sem indicar outras substâncias	
Apenas 3 álcoois, sem indicar outras substâncias	
Apenas 2 álcoois, sem indicar outras substâncias	

Os 4 álcoois e indicou outra substância	
Apenas os 3 álcoois e indicou outra substância	
Apenas 2 álcoois e indicou outras substâncias	
Indicou todas as substâncias	

Quadro 7 – Análise do grau de solidez da habilidade nas respostas da questão 3

Identificação dos álcoois a partir da nomenclatura/nome usual		
Grau de solidez	**Tipo de resposta**	**Resultado**
MUITO ALTO	Apenas os 4 álcoois, sem indicar outras substâncias	
ALTO	Apenas 3 álcoois, sem indicar outras substâncias	
MÉDIO	Apenas 2 álcoois, sem indicar outras substâncias	
MÉDIO	Os 4 álcoois e indicou outra substância	
BAIXO	Apenas os 3 álcoois e indicou outra substância	
BAIXO	Apenas 2 álcoois e indicou até duas outras substâncias	
MUITO BAIXO	Indicou todas as substâncias	

Questão 4 – Identificação de produtos de quatro reações químicas envolvendo álcoois

Quadro 8 – Análise das respostas da questão 4

Identificação de substâncias presentes em reações contendo álcoois		
Reação I - Combustão do etanol	Correto	Incorreto
Reação II - Produção de etanol via substituição nucleofílica		
Reação III - Oxidação de um álcool primário		
Reação IV - Oxidação de um álcool secundário		

Quadro 9 – Análise do grau de solidez da habilidade nas respostas da questão 4

Grau de solidez	**Reação I**	**Reação II**	**Reação III**	**Reação IV**	**Resultado**
MUITO ALTO	Correto	Correto	Correto	Correto	
ALTO	Correto	Correto	Correto	Incorreto	
BAIXO	Correto	Correto	Incorreto	Incorreto	
MUITO BAIXO	Correto ou incorreto	Incorreto	Incorreto	Incorreto	

Questão 5

Quadro 10 – Análise das respostas da questão 5

Estruturas contendo hidroxilas que foram identificadas como álcoois															
A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**Corretos**
Justificativas para a escolha															
Utilização de critérios baseados nas características necessárias e suficientes do conceito								Presença de OH							
								OH ligado a C saturado							
								OH grupo prioritário							
Outros critérios															

Quadro 11 – Análise do grau de solidez da habilidade nas respostas da questão 5

Grau de solidez	Estruturas escolhidas	Justificativa	Resultado
MUITO ALTO	7, apenas	Utilização das características necessárias e suficientes do conceito	
ALTO	7, apenas	Utilização de parte características necessárias e suficientes do conceito	
BAIXO	Mais ou menos de 7.	Utilização de parte características necessárias e suficientes do conceito	
MUITO BAIXO	Mais ou menos de 7.	Sem a utilização das características necessárias e suficientes do conceito	

Os dados obtidos categorias de análise e dos níveis de respostas para cada sujeito participante permitiram a composição de um novo critério para o grau de desenvolvimento geral da habilidade geral de identificar álcoois, conforme apresentado no tópico "Resultados e Discussão" (quadro 12).

Outro questionário também foi desenvolvido e aplicado aos participantes. Ele apresentava questões de natureza: i) sociocultural; ii) pedagógico-didática, em relação ao ensino-aprendizagem de conteúdos tradicionalmente abordados na Química Orgânica; e iii) profissional, quanto às expectativas em exercer futuramente a profissão de professor de química.

Ambos os questionários foram aplicados pelo professor da disciplina, que também é co-autor desse trabalho, na segunda semana de aulas do semestre letivo, em dias intercalados. Os dados obtidos foram analisados visando comparar resultados e determinar tendências no pensar do conjunto de licenciandos. Foram realizadas análises, aproximando respostas semelhantes, complementares ou divergentes de modo a identificar recorrências, concordâncias, contradições e/ou divergências na tentativa de identificar as aproximações e distanciamentos relativos aos parâmetros investigados, segundo se recomenda em algumas pesquisas em Educação em Ciências (AULER; DELIZOICOV; 2006). Com isso, procurou-se compreender a lógica das relações estabelecidas no interior do grupo de licenciandos, considerando-se a totalidade e as peculiaridades do fenômeno em investigação, de forma unitária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Logo na questão 1, ao analisarem a estrutura do mentol e discutirem sobre a sua solubilidade em água, os licenciandos exibiram uma dificuldade no processo de identificação

de álcoois. Entre os 29 (vinte e nove) participantes apenas 7 (sete), 24%, identificaram a molécula de estrutura cíclica e insaturada como um álcool e explicaram a sua insolubilidade em água com base nas suas características estruturais, destacando a importância da parte lipofílica. Já 60% afirmaram não ser um álcool, enquanto que os demais indicaram se tratar de um álcool, mas não explicaram o porquê dessa propriedade. Os resultados entre as duas turmas foram semelhantes.

Quando perguntados se uma substância que apresenta um ponto de fusão de 25^{o}C pode ser uma álcool (questão 2), 100% afirmaram que não ou não responderam. Para a maioria "Um álcool é líquido na temperatura de 25 ^{o}C". Esses licenciandos apresentaram fortes dúvidas ou desconheciam que os álcoois podem ser sólidos a essa temperatura.

A questão 3 enfatizava a nomenclatura de substâncias oxigenadas. Com base na nomenclatura aceita pela IUPAC para um grupo de substâncias oxigenadas de uso comum, os licenciandos tinham que assinalar aquelas que identificavam como álcoois. Nenhum acertou a questão totalmente. As respostas foram consideradas parcialmente corretas para 70% do total de participantes (85% na turma B e 48% na turma A), enquanto que 30% exibiram respostas erradas. A maioria dos que acertaram parcialmente a questão elencou apenas 3 (três) substâncias: o etanol, o iso-propanol e o sorbitol/ou glicerina como álcool. Entre os que erraram, houve uma nítida vinculação do critério de escolha à terminação "ol".

A análise das respostas à questão sobre a reatividade dos álcoois (questão 4) revelou uma dificuldade adicional em relação sobre algumas propriedades químicas de álcoois simples: metanol, etanol e isso-propanol. Apenas 2 (dois) dos licenciandos (um em cada turma) acertaram essa questão. Todos os demais erraram todas as questões, inclusive a que tratava da combustão do metanol.

As respostas dos licenciandos na análise de um grupo de 13 (treze) representações estruturais, contidas na questão 5, ratificaram as dificuldades apresentadas anteriormente. A tabela 1 traz a frequência de indicações das estruturas consideradas como representativas de substâncias da função álcool.

Tabela 1 - Estruturas hidroxiladas identificadas como álcoois na questão 5 do diagnóstico do grau de desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois

Estruturas hidroxiladas identificadas como álcoois (%)														
Turma	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**O**
A	95	100	0	95	50	10	70	0	50	95	40	40	0	95
B	75	75	0	60	75	25	95	10	10	60	0	45	10	75

* Células em cinza correspondem aos álcoois

Conforme verificado nos dados apresentados na tabela 1, apesar de a turma A ter apresentado um desempenho melhor, nenhum dos licenciandos indicou corretamente todas os 7 (sete) álcoois exemplificados. Alguns aspectos que se destacaram na escolha equivocada exibem uma significativa indicação do fenol (K), na turma A, e também de um ácido carboxílico (I) e um aldeído hidroxilados (L) como álcoois.

Quando solicitados a expressarem os procedimentos utilizados para identificar os álcoois, ainda na questão 5, os licenciandos demonstraram a utilização parcial de critérios baseados nas características necessárias e suficientes do conceito. Basicamente, eles se orientaram pela presença de hidroxila ligada em um carbono saturado. No entanto, muitas vezes, esse critério não era expresso dessa forma, sendo substituído por expressões como "hidroxila na cadeia principal".

A análise dos dados coletados permitiu se estabelecer que, de um modo geral, ambas as turmas apresentaram um baixo grau de solidez da habilidade de identificar álcoois. Eles não utilizaram a totalidade das características necessárias e suficientes do conceito, e não foram capazes de executá-la corretamente, com todos os elementos, na resolução das tarefas. O quadro 12 traz uma síntese da análise geral.

Quadro 11 - Diagnóstico do grau de solidez no desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois.

Nível	**Característica**	**Turma**	
		A (%)	**B (%)**
MUITO ALTO	Utilizou as características necessárias e suficientes do conceito, mostrando-se capaz de executar com eficiência, todos os seus elementos e aplicá-los com independência e eficiência.	36	22
ALTO	Utilizou as características necessárias e suficientes do conceito, mostrando-se capaz de executar com eficiência, todos os seus elementos e aplicá-los com independência e eficiência, mas demonstrando alguma insegurança.	25	16,5
BAIXO	Utilizou parte das características necessárias e suficientes do conceito, não sendo capaz de executá-las com todos os elementos corretamente e aplicás-la com independência.	25	22
MUITO BAIXO	Desconhecia o que teria de fazer e/ou seguiu passos aleatórios para a execução, que não correspondiam com o sistema de invariantes funcionais elaborado.	14	39,5

Apenas 28% do total dos participantes exibiram um alto grau de solidez de desenvolvimento da habilidade. Considerando-se a faixa dos que apresentaram alto grau, o grupo de licenciandos com um bom domínio da habilidade fica em 49%. Por outro lado, 24% e 28% exibiram, respectivamente, um grau baixo ou muito baixo do desenvolvimento da

habilidade. Uma parcela significativa dos sujeitos exibia desconhecimento sobre o que teria de fazer e/ou seguiu passos aleatórios para a resolução do problema, que não correspondiam com o sistema de invariantes funcionais, elaborado conjuntamente e utilizado no processo formativo. Em muitos licenciandos a habilidade não foi desenvolvida.

Há de se ressaltar que, nos problemas onde o aspecto sensório-perceptual tinha uma dimensão um pouco menos relevante em relação à linguagem mais verbal, uma boa parte dos licenciandos exibiu um grau de habilidade muito baixo. Eles demonstraram desconhecer o que deveriam fazer e/ou efetuaram passos aleatórios para a execução das suas respostas, que não correspondiam à estrutura da habilidade de identificar álcoois. Desse modo, para a maioria deles, a habilidade estava muito pouco desenvolvida e, para todos, ela precisava ser atualizada. Esse resultado destaca a deficiência da atividade orientadora no processo, que é uma atividade muito importante do processo de ensino-aprendizagem, como destaca Galperin (1971)

Esses resultados obtidos no grau de desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois são indicativos de um tipo de comportamento criticado por Leontiev sobre o "ensino tradicional" (LEONTIEV, 1993). Ele se associa a um processo marcado pela determinação da presença ou da ausência dos componentes e das propriedades dos fenômenos. Na educação tradicional, seja na escola ou na universidade, os licenciandos vivenciaram processos de assimilação a partir da generalização gradual, progressiva, do conteúdo do conceito, acompanhada pela liberação do conjunto de representações cotidianas, também realizada de forma gradual. Essa dificuldade apresentada pelos licenciandos reforça o papel outorgado por Galperin à ação (nesse caso a identificação) como unidade da atividade orientadora, característica que coloca a Base Orientadora da Ação no centro da sua teoria. (GALPERIN, 1980).

O conceito de álcool é usualmente tomado como algo simples. No entanto, a desconsideração formal sobre a habilidade de identificar essas substâncias podem gerar problemas no processo de ensino-aprendizagem. No caso da formação inicial de professores, esse problema pode adquirir uma significância maior, pois a habilidade de saber ensinar a identificar substâncias é importante para atividade profissional docente.

Para que a identificação consiga atingir os objetivos a que se propõe é necessária a organização intencional de atividades que facilitem a compreensão das características essenciais para a inclusão das estruturas analisadas na classe em estudo, como é o caso da função álcool. Essas atividades precisam tomar parte a parte as características necessárias e suficientes à identificação. Porém, é preciso atentar para o fato de que essas atividades não

devem ser tomadas de maneira isolada e que é importante a atribuição de significado ao novo conceito. Uma das possibilidades está em se contemplar a contextualização dos conceitos, oferecendo diferentes tratamentos ao conteúdo, considerando as diferentes aplicações dessas substâncias. Esse tipo de associação implica, por exemplo, na necessidade de abordagens mais diferenciadas destacando, por exemplo, as diferentes propriedades exibidas por outros tipos de álcoois.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa levou ao diagnóstico de um baixo grau de desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois em um grupo de licenciandos em química, já com experiências formativas em conteúdos de química orgânica, inclusive relacionados a essa função orgânica. O baixo grau de desenvolvimento da habilidade detectado demonstra a falta de um domínio dos conhecimentos e dos procedimentos relacionados ao uso das características necessárias e suficientes relacionadas ao conceito de álcool. Na ênfase sensório-perceptiva utilizada como principal critério identificar um álcool, a maioria se baseava na presença de hidroxila em carbono saturado, apenas, e na terminação “ol” para representar a substância em análise. Os resultados obtidos permitem constatar uma frágil base orientadora da ação de identificar álcool, que se relaciona a baixa solidez da ação de identificação.

A diversidade de substâncias conhecidas sugere que a concepção equivocada em torno do termo álcool vinculada excessivamente ao etanol pode estar sendo reforçada pelo tipo de abordagem realizada com essa função orgânica. Isso pode ser reforçado tanto pelas apresentações contidas nos livros didáticos quanto nas estratégias utilizadas por muitos professores de química em sala de aula. Esse equívoco reducionista resulta em um erro de generalização. Ao mesmo tempo, apesar de ser considerado um conceito tão simples, o conceito de álcool ressalta a importância da habilidade de identificar na formação dos diferentes conceitos químicos e pode nos reacender um alerta: muitas vezes, o simples que não é ensinado é o fundamental.

Espera-se que o trabalho aqui desenvolvido, na sua incompletude e limitações, possa contribuir na geração de interesse pelo tema e estimule outras investigações. Deseja-se também que, de alguma forma, ele contribua para o processo de ensino-aprendizagem de química, incluindo a formação inicial de professores, nas suas múltiplas dimensões, incluindo a ação dos professores-formadores.

REFERÊNCIAS

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

BASSETO, B. F. *Elementos de Filologia Românica*: história externa das línguas. Vol. 1. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BRASIL. *Orientações curriculares para o ensino médio*. Volume 2. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

DANILOV, M. A.; SKATKIN, M. N. *Didáctica de la escuela media*. La Habana: Editorial Pueblo e Educación, 1978.

DAVIDOV, V.V. *Tipos de generalización em la enseñanza***.** 2. ed. Havana: Editorial Pueblo y Educación, 1983.

DAZZANI, M., et al. Explorando a Química na determinação do teor de álcool na gasolina. *Química Nova na Escola*, n.17, 2003. p.42-44.

FERREIRA, G.A.L.; MÓL, G.S.; SILVA, R.R. Bafômetro: um modelo demonstrativo. *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 32-33, 1997.

FERREIRA, E.C.; MONTES, R. A química da produção de bebidas alcoólicas. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 50-51, 1999

GALPERIN, P. Ya.. Sobre la formación de las imágenes sensoriales y de los conceptos. *In*: ROJAS, L. Q. (Compilador). *La formacion de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño***.** Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001a. p. 27-39.

GALPERIN, P. Ya.. *Introducción a la psicologia***:** um enfoque dialéctico. Madrid: Plablo de Rio, 1971.

IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1997.

LEITE, Rosana Franzen; CUNHA, Márcia Borin da. O ensino da função orgânica álcool numa abordagem construtivista. *Anais do I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologi***a**. 2009.

LEÓN FARIÑAS, G. E. Hacía un redescubrimiento de la teoría del aprendizaje. *Revista Cubana de Psicología*, v. 16, n. 3, 1999.

LEONTIEV A. N.. *Actividad, conciencia, personalidad*. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1993.

NUÑEZ, I. B. *Vygotsky, Leontiev e Galperin**: formação de conceitos e princípios didáticos.* Brasília: Líber Livro, 2009. 216 p.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. Diagnóstico do nível de desenvolvimento da orientação de uma ação, em Química Geral, com futuros professores: contribuições da Teoria de P. Ya. Galperin / Diagnosis of the development level of an orienting basic of action, in general chemistry, with future teachers: contributions from P. Ya. Galperin theory. *Revista Obutchénie*, *2*(2), 412-439. 2018.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. A teoria da Formação Planejada das Ações Mentais e dos Conceitos de P. Ya. Galperin: contribuições para a Didática Desenvolvimental /The theory of the planned formation of the Mental Actions and the Concepts of P. Ya. Galperin: contributions to Developmental Didactics. *Revista Obutchénie, 1*, 1, 70-97, 2017.

NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; UEHARA, F. M. G. As Teorias Implícitas sobre a aprendizagem de professores que ensinam Ciências Naturais e futuros professores em formação: a formação faz diferença? *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 3, p. 39-61, 2009.

PETROVSKI, A.V. *Dicionário psicológico breve*. Moscou: Politis, 1985.

PODOLSKIJ, A.I. On scientific status and practical significance of one psychologycal theory. *Psychology in Russia: State of the Art*, v. 2, p. 187-209, 2009.
RIBEIRO, R. P.; NÚÑEZ, I.B.. O desenvolvimento dos procedimentos do pensamento lógico: comparação, identificação e classificação. *Educação em Questão*. v. 7, p. 1- 2, 1997.
RODRIGUES, J. R.; AGUIAR, M. R. M. P.; SANTA MARIA, L. C.; SANTOS, Z. A. M. Uma abordagem alternativa para o ensino da função álcool. *Química Nova na Escola*, v. 12, p. 20-23, 2000.
SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, CRAIG B. *Química Orgânica*, vol. 1 e 2. 9 ed. LTC, 2009.
TALÍZINA, N.F**.** *La teoría de la actividad aplicada a la enseñanza.* Benemérita Universidad Autónoma de Pueblo: México, 2009.
TALÍZINA, N.F. *La formación de las habilidades del pensamiento matemático*. San Luís Potosi: Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de San Luís Potosi, 2001.
TALÍZINA, N.F. *La Formación de la Actividad Cognoscitiva de los Escolares*. Habana: ENPES, 1987.

Apêndice I

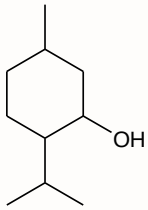
LISTA DE PROBLEMAS PARA DIAGNÓSTICO DA HABILIDADE DE IDENTIFICAR ÁLCOOIS

Prezado(a) licenciando(a),

Estamos realizando uma pesquisa e gostaríamos da sua participação, respondendo as perguntas abaixo. Você não precisa se identificar. Garantimos também que os dados aqui obtidos serão tratados e analisados conjuntamente. Obrigado.

Questão 1

Uma pequena quantidade da substância representada ao lado foi transferida para um béquer contendo 250mL de água destilada. A solução foi agitada por 1h. Depois, verificou-se que não houve nenhuma dissolução.
Indique a qual função orgânica essa substância pertence e dê uma explicação para o porquê dela ser insolúvel em água.



Questão 2

100 mL de uma substância líquida foram transferidos para um béquer. A vidraria foi resfriada em um banho de gelo. Assim que a temperatura atingiu 25°C, a substância se solidificou, na forma de cristais.
Essa substância pode ser um álcool? Justifique a sua resposta.

Questão 3

Uma loja de produtos químicos recebeu um pedido de cotação de preços, mostrado ao lado. Indique quais dessas substâncias são álcoois. Justifique as suas respostas.

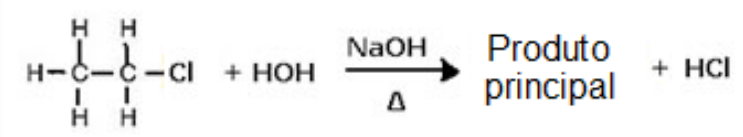
Substância	Qtde
Etanol	2L
Fenol	1kg
Formol	1L
Glicerina	3L
Iso-propanol	500mL
Resorcinol	100g
Sorbitol	500g

Questão 4

Indique o(s) produto(s) formado(s) em cada uma das reações equacionadas abaixo.

Reação I: $CH_3OH + O_2 \xrightarrow{\Delta}$

Reação II



Reação III

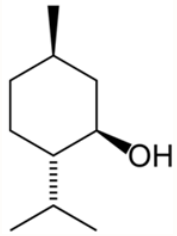
$K_2Cr_2O_7 + 4\ H_2SO_4 + 3\ CH_3CH_2OH \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3$ Produto principal $+ K_2SO_4 + 7\ H_2O$

Reação IV

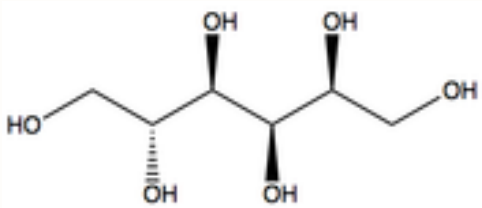
$K_2Cr_2O_7 + 4\ H_2SO_4 + 3\ CH_3CHOHCH_3 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3$ Produto principal $+ K_2SO_4 + 7\ H_2O$

Questão 5

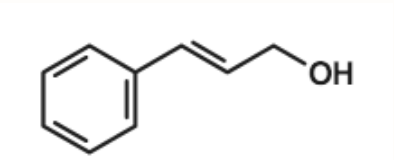
Analise as fórmulas estruturais abaixo e identifique aquelas que representam álcoois.



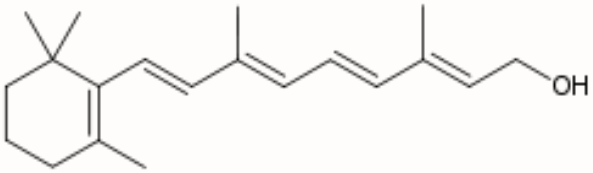
A



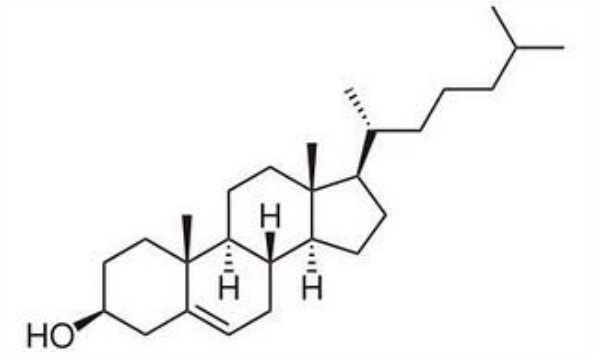
B



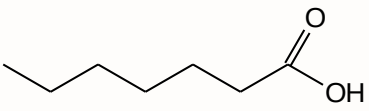
C



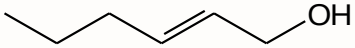
D



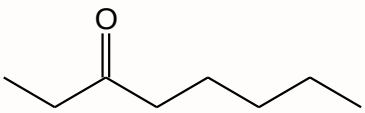
E



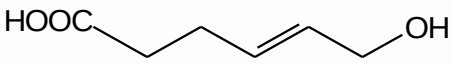
F



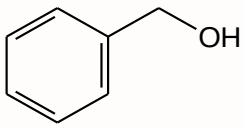
G



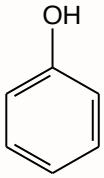
H



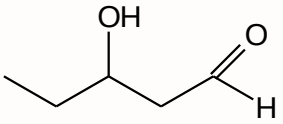
I



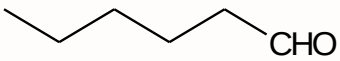
J



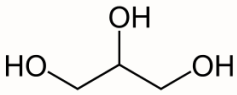
K



L



M



O

Qual o critério você utilizou para identificar as substâncias escolhidas?

_____

_____

O ENSINO DE BIOLOGIA E USO DE TIC: A PERCEPÇÃO DOCENTE DAS ESCOLAS PÚBLICAS DO MACIÇO DE BATURITÉ (CEARÁ, BRASIL) E LUANDA (ANGOLA)

Cristina Ângelo Lucala [1]
Vanessa Lúcia Rodrigues Nogueira [2]
Marcia Barbosa de Sousa [3]
Eveline de Abreu Menezes [4]

RESUMO

As novas tecnologias estão cada vez mais presentes no nosso cotidiano, assim como no ambiente escolar, seja pelo uso de equipamentos tecnológicos, como celulares, ou por meio de acessos as mídias sociais. No entanto, a inserção das TIC na escola deve vir acompanhada de uma formação docente que garanta uma transformação efetiva e melhoria no processo de ensino-aprendizagem. As mudanças só ocorrerão se os usos desses recursos forem adequados e bem planejados para construção do conhecimento e não mera transmissão. O objetivo deste trabalho é conhecer e caracterizar a realidade de escolas públicas de ensino médio da região do Maciço de Baturité, estado do Ceará e em Luanda, Angola para o uso da Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no ensino de Biologia. O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza quali-quantitativa. Para tanto, foram aplicados dois questionários semiestruturados em treze escolas em cada região, direcionados para gestão escolar e para os docentes de Biologia. Os resultados apontaram que nas duas regiões ainda há muito o que se fazer em investimentos de infraestrutura escolar para que o uso das TIC se torne uma realidade educacional, especialmente em Luanda, visto que, Angola ainda está em processo de desenvolvimento pós-guerra. Apesar de uma legislação vigente no Brasil de incentivo as novas tecnologias, a falta de apoio à profissão e formação continuada dos docentes, ainda é um desafio a vencer. Ainda temos muito que evoluir para que as TIC façam parte do cotidiano escolar, e que obtenha os resultados benéficos a que se propõem. No entanto, percebe-se que é necessária uma ação conjunta do governo de ambos países para real investimento em infraestrutura e na carreira docente, e destes um maior esforço para superar as dificuldades inerentes da inovação tecnológica, e das práticas pedagógicas visando a melhoria da formação de futuros cidadãos críticos, reflexivos e inseridos num mundo globalizado.

Palavras-chave: Tecnologia da Informação e Comunicação; Ensino de Biologia; Brasil; Angola.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a sociedade vem passando por muitas transformações, uma revolução tecnológica ascendente que está tomando cada vez mais espaço em nosso cotidiano, gerando grandes impactos sociais, econômicos e educacionais. Essas mudanças afetam,

[1] Graduada do Curso de Ciências da Natureza e Matemática da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB - CE, cristinalucala@hotmail.com ;
[2] Professora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB - CE, vanessa.nogueira@unilab.edu.br (Orientadora);
[3] Professora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB - CE, marcia_bsousa@unilab.edu.br ;
[4] Professora do Curso de Licenciatura em Química da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB - CE, eveline@unilab.edu.br .

principalmente, a educação, que precisa lidar com muitas questões, desde o uso intenso de aparelhos tecnológicos, preparar pessoas para utilizá-los, além de desenvolver novas metodologias que busquem a sua incorporação como instrumento pedagógico. É fato que, as tecnologias estão cada vez mais presentes na escola, seja pelo uso de equipamentos tecnológicos ou por meio de acessos as mídias sociais. Por isso, incluir novas tecnologias no cotidiano escolar é uma necessidade, visto que estão presentes na vida do aluno fora do seu ambiente escolar. A inclusão desses recursos tecnológicos na escola pode contribuir para a melhoria das condições de acesso à informação e amplia situações de aprendizagem (MIRANDA, 2017).

No entanto, a inserção desses recursos tecnológicos na escola não garante uma transformação efetiva com melhorias nas práticas pedagógicas. As mudanças só ocorrerão se os usos desses recursos forem adequados e bem planejados para construção do conhecimento e não mera transmissão (ASSIS; CZELUSNIAK; ROEHRIG, 2011).

Libâneo (2010) relata que há tempos que o professor e o livro didático deixaram de ser as únicas fontes do conhecimento, mas o mesmo destaca que, quando se trata especificamente de mudanças no âmbito das tecnologias, não se deve apenas pensar em fazer uma junção da informática com a educação, mas sim integrá-las entre si e à prática pedagógica.

> Não basta simplesmente utilizar as TIC, é preciso encontrar as formas que possibilitem que o seu uso nos ambientes escolares de fato contribua para a melhoria do processo ensino-aprendizagem (ATANAZIO, 2018 p. 5)

Para o ensino Biologia, o uso das tecnologias pode trazer muitas contribuições nas formas de ensinar, pois o conteúdo pode ser trabalhado de maneira mais aprofundada e dinâmica. No Brasil, algumas pesquisas já têm mostrado a que professores já fazem uso de algumas ferramentas tecnológicas, e mídias sociais como complementares pedagógicos (DARIDO DA CUNHA; BIZELLI, 2015; ATANAZIO, 2018; SILVA, 2018).

Segundo Krasilchick (2005), a Biologia pode ser uma das disciplinas mais importantes e merecedoras da atenção dos alunos, ou pode ser considerada como desinteressante ou mesmo entediante, dependendo do conteúdo e da maneira como será transmitida. No entanto, o ensino de Biologia é de grande importância para formação cidadã do indivíduo. Sudério *et al*. (2014) destacam que a utilização das tecnologias em sala aula pode facilitar a fixação dos conteúdos, a assimilação de imagens e a compreensão de fenômenos próprios da Biologia.

Há um novo contexto de ensino-aprendizagem, no qual o professor assume um papel de mediador pedagógico: orientador, consultor, facilitador, planejador e dinamizador de atividades e situações de aprendizagem (MASSETO, 2013), ter domínio teórico e utilizar metodologias

adequadas a um processo de ensino-aprendizagem interativo, contextualizado e significativo (SEEGGER; CANES; GARCIA, 2012). É importante que os alunos aprendam a caminhar sozinhos, busquem pelo conhecimento, indaguem, criem hipóteses e resolvam problemas, transformando assim, o professor em um orientador, que direciona a busca dos alunos pelo conhecimento (MORÁN, 2015).

Mesmo que a Ciência e a Tecnologia passem por muitas mudanças, percebe-se ainda uma estagnação quanto às metodologias para o ensino de Biologia. Várias são as dificuldades apontadas: a terminologia científica, a memorização, excesso de aulas teóricas, pouco tempo de aula, além do preparo e a necessidade de atualização frequente dos docentes (KRASILCHICK, 2005; BRAGA, 2016). Nesse sentido, o ensino de Ciências e Biologia precisa passar por reestruturações.

No Brasil, muitas mudanças vêm ocorrendo no sistema educacional com a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que prevê o uso de tecnologias com o objetivo de que os alunos a utilizem de maneira crítica e responsável ao longo da Educação Básica. No entanto, mesmo com o aumento das tecnologias e a ampliação dos recursos disponíveis empregados à educação nos últimos anos, a sua real inserção na educação ainda é muito insipiente, principalmente nas escolas públicas, que apresentam problemas estruturais, quanto a condição de fornecer acesso à tecnologia, além da precariedade da carreira docente, o que dificulta ainda mais o uso das tecnologias na escola de forma satisfatória (SABINO *et al*., 2013), mesmo o Brasil sendo um dos que apresentam maior número de celulares e uso de redes sociais no mundo (BORGHI, 2016).

Diante do exposto, esse trabalho foi desenvolvido a partir dos resultados e reflexões que emergiram de Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática - Habilitação em Biologia na UNILAB (Universidade da Integração Internacional da Lusofonia AfroBrasileira). Por ser uma universidade de internacionalização integrante da CPLP (Comunidade dos Países de Língua Portuguesa) com expressivo número de alunos africanos, a pesquisa se propôs a fazer um levantamento de dados sobre o uso das TIC por professores de Biologia na região do Maciço de Baturité – Ceará - Brasil (região onde a UNILAB está inserida) e na cidade de Luanda – Angola.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza quali-quantitativa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). A abordagem qualitativa buscou trazer a percepção dos docentes por meio de respostas de sua experiência no ensino de Biologia e seu processo

formativo no uso das TIC. Já na abordagem quantitativa, buscou-se traduzir em números e gráficos a realidade escolar estudada.

O estudo foi desenvolvido em campo, ou seja, nas escolas de ensino médio, atuação do professor de Biologia. A pesquisa foi realizada em escolas públicas nos municípios pertencentes a região do Maciço de Baturité (Ceará- Brasil) e em escolas de segundo ciclo dos municípios de Luanda (Angola). O Maciço de Baturité está localizado no Sertão Central Cearense, e é composto por 13 municípios, com população estimada em 67.130 habitantes. Luanda é a capital e a maior cidade de Angola, localizada na costa do Oceano Atlântico, e também o principal porto e centro econômico do país. É constituída por 8 municípios, com uma população de aproximadamente 25.789.024 habitantes.

A pesquisa de campo foi realizada em treze escolas de cada região com aplicação de questionários semiestruturados, com questões objetivas e abertas, voltados para a gestão escolar (Coordenadores e/ou Diretores), e docentes de Biologia sobre o uso das TIC. As entrevistas foram realizadas no período de novembro de 2015 no Maciço de Baturité e de agosto a outubro de 2016 em Luanda. Antes da aplicação dos questionários, os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando em respondê-lo e disponibilizando os dados para publicidade acadêmica, preservando suas identidades. Após as entrevistas, a análise de conteúdo dos questionários e os dados quantitativos analisados com auxílio do *software* Microsoft Office Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da Infraestrutura das Escolas para o Uso das TIC

Angola, país do continente africano, foi durante quase 5 séculos uma colônia portuguesa, tendo conquistado sua independência em 1975. A expansão escolar chegou somente após a independência garantindo o ensino gratuito e democrático para todos. Com a aprovação da Lei 13/2001 com a segunda reforma do Sistema de Educação Angolano, os índices de alunos matriculados no ensino secundário, cresceu consideravelmente entre os anos de 2004-2008. O número de alunos em sala de aula chegou a duplicar na rede de ensino, o que consequentemente aumentou o número de docentes até 2010, e muitos destes, não tinham o mínimo de formação pedagógica. Aliado a isso, adiciona-se a estrutura das escolas e meios decadentes de ensino. Mais recentemente foi aprovada a nova lei de bases da educação e ensino (Lei 17/2016), segundo a qual a formação de professores ocorre em dois níveis de ensino: o ensino secundário pedagógico, com objetivo central na formação de professores para Educação primária e I Ciclo

do Ensino Secundário, e o ensino superior pedagógico, voltado para formação de professores já em atividade em todos os níveis de ensino. No entanto, essa mudança nos documentos normativos da Reforma Educativa não foi seguida de grandes mudanças na atuação dos professores em sala de aulas, e de uma formação adequada às perspectivas atuais do papel docente, apesar de prevê ainda a inclusão da modalidade de ensino à distância (WAFUNGA, 2017).

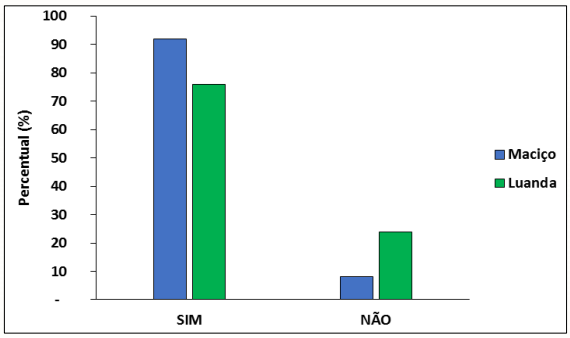
As TIC fazem parte do currículo nacional no Segundo Ciclo do Ensino Secundário de Angola, e seu uso está associado a disciplina de Introdução a Informática. No entanto, segundo Mpaka (2012), em Angola de modo geral, o processo de Integração Curricular das TIC no ensino encontra-se muito aquém do ritmo de desenvolvimento esperado. Faltam registros atuais sobre o impacto das TIC em Angola como outros países da região Africana, especialmente os pertencentes aos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (Palop), diferentemente ao que se encontra no Brasil. No entanto, vale ressaltar que notícias sobre a implementação de uma Política Nacional de Implementação das TIC em Angola vem sendo relatada como uma das principais estratégias do governo para fomentar o avanço industrial e tecnológico no pais (FERNANDES, 2014; GETO, 2018).

No contexto brasileiro nesse estudo, a região do Maciço de Baturité conta com 13 municípios, com um quantitativo de 60.000 alunos aproximadamente (COSTA; RAMOS; MARTINS, 2018). A região se caracteriza por pequenas localidades, e as escolas na zona rural chegam a 80%, e o Índice de desenvolvimento da Educação Básica – IDEB são maiores nas escolas do centro urbano (VIEIRA; VIDAL, 2014). Quanto às condições de infraestrutura, o Maciço aponta média de 33,86 14 alunos por sala, sugerindo que as escolas disponíveis para oferta de ensino encontram-se lotadas, sinalizando a carência de espaço físico na região (COSTA, RAMOS E MARTINS 2018). Vidal *et al*., 2012 avaliaram os indicadores de rendimento escolar e o investimento realizado, e ressaltaram que apesar de avanços, os resultados ainda são bastante tímidos quando comparados as outras regiões do estado e concluem que os investimentos em educação na região nas últimas décadas não se traduzem ainda em melhorias na aprendizagem.

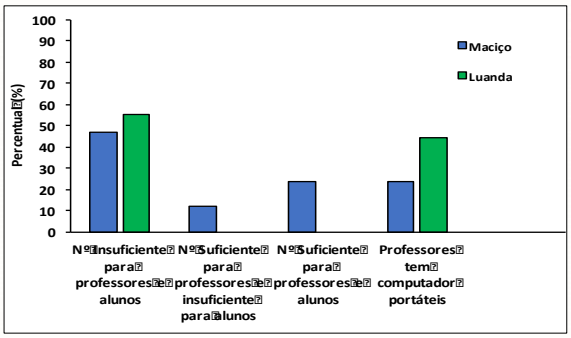
Os resultados obtidos nesse trabalham refletem exatamente o que as literaturas pesquisadas relatam. Percebe-se que apesar da maioria das escolas, seja em Luanda (76%) ou no Maciço de Baturité (92%) possuir um Laboratório de Informática disponível (Figura 1A), metade das escolas relatou não possuir computadores suficientes para atender a demanda de alunos e professores. Apenas 23,5% das escolas do Maciço de Baturité descreveram suprir a demanda de alunos e professores (Figura 1B). Em Luanda, 50% dos professores relataram fazer

uso de computador próprio para sua atividade docente. Acrescenta-se a falta de computadores nas escolas, o acesso à internet que ainda é escasso, ou mesmo inexistente. No Maciço, apesar de todas as escolas relatarem ter computadores conectados, apenas uma pequena parcela apresentou boa conectividade (8%) (Figura 1C). Todos esses fatores estruturais dificultam o acesso à informação dentro do ambiente escolar, seja no Brasil ou em Angola. Outro fator importante na infraestrutura dos laboratórios de informática a se considerar, é a presença de técnico ou monitor responsável para auxiliar os professores em determinada atividade escolar ou até mesmo zelar pela estrutura do laboratório. Na figura 1D observa-se que no Maciço, 92% apresentaram um responsável ou monitor, enquanto em Luanda, apenas 47% das escolas não possuem monitores ou profissional responsável, o que agrava a utilização do espaço para atividades didáticas.

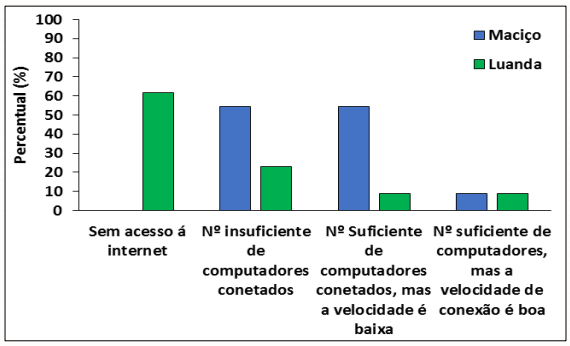
Figura 1. Infraestrutura das escolas públicas do Maciço de Baturité e Luanda.



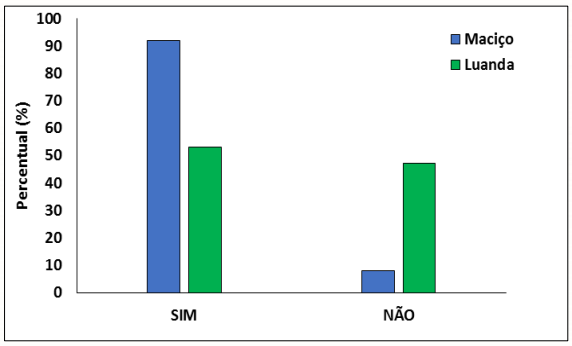
(A) Percentual de escolas com Laboratório de Informática disponíveis.



(B) Número de computadores disponíveis nos laboratórios de informática.



(C) Percentual de escolas com computadores conectados à internet.



(D) Percentual de escolas com técnico/monitor para o laboratório de informática.

Essa realidade encontrada corrobora com as pesquisas feitas pelo CETIC (2018). No Brasil, ainda existe muitas escolas carentes quanto ao acesso a TIC, especialmente aos recursos

disponíveis para uso pedagógico, como computadores e internet. Há uma média de 1 computador para cada 25 alunos, uma minoria de alunos utiliza o computador com internet na sala de aula/ou laboratório de informática, a maior desses acessam a internet de celulares. A utilização da internet hoje como ferramenta educacional é uma necessidade básica, como a lousa e o giz.

Filipe (2009) também afirma que a falta de recursos tecnológicos em Luanda é um dos maiores problemas enfrentados por professores e alunos. Esse desafio de melhorar a infraestrutura das escolas, está entre uma das principais dificuldades de implementação das tecnologias na educação.

Atuação Docente para o Uso das TIC na Sala de Aula

O avanço do uso das tecnologias leva a constante necessidade de renovação aos profissionais da educação. Segundo Ferreira e Souza (2010), o principal desafio seja entender como essas mudanças afetam a escola e modificam o papel do professor em sala de aula. Inicialmente nesse trabalho, buscamos diagnosticar como a gestão escolar ver o papel das tecnologias e sua importância na sala de aula como metodologia educacional.

Nas escolas do Maciço, alguns projetos pedagógicos já contemplam o uso das tecnologias, mas ainda como projetos eletivos ou complementares. Em Luanda, por sua vez, apenas uma escola citou-o no projeto pedagógico. De maneira geral, os gestores das escolas do Maciço de Baturité e Luanda relataram que oferecem possibilidade de formação continuada na área frequentemente e eventualmente (Figura 2A). Mesmo com infraestrutura inadequada, a maioria da gestão escolar afirma que todos ou mais de 50% dos professores fazem uso das TIC em suas aulas (Figura 2B), mas ressaltaram algumas dificuldades, sendo a principal, a estrutura física inadequada dos laboratórios, que praticamente não apresentam condições de atender as demandas e necessidades pedagógicas das escolas. Esses resultados também são encontrados na pesquisa do CETIC (2018), onde apenas metade dos professores das escolas públicas relatam que fazem algum tipo de atividade com uso de computadores e internet com seus alunos.

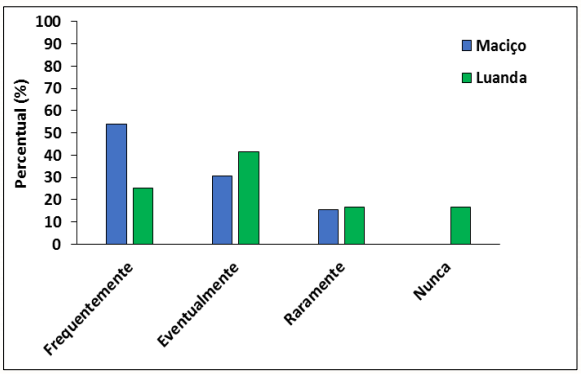
Ferreira e Souza (2010) enfatiza que não basta equipar as escolas tecnologicamente, se os educadores não mudarem suas posturas e sejam preparados para usar tais ferramentas. Caso contrário, as tecnológicas serão reduzidas a simples formas diferenciadas de transmitir conteúdos e utilizadas apenas como instrumento. Mas, as tecnologias baseadas em novas concepções de conhecimento, de metodologia e novos perfis de alunos e professores podem transformar os processos de ensino e aprendizagem (MIRANDA, 2017).

Nessas circunstâncias, conforme os resultados, é de suma importância que a escola tenha

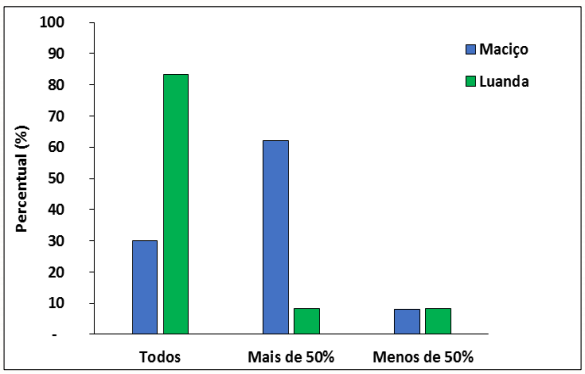
a percepção da importância da formação continuada dos professores para inclusão digital em suas práticas pedagógicas e o aperfeiçoamento de suas habilidades, respeitando os diferentes níveis de aprendizagem dos mesmos, frente aos inúmeros recursos. RAMOS; COPPOLA (2009) reforçam a necessidade de usar a tecnologia no processo da formação continuada de docentes, para que se familiarizem, experimentem e tenham estudos teóricos e metodológicos em aulas práticas, contribuindo para o saber usar e o como usar. A formação docente deve garantir o desenvolvimento de diferentes aspectos das competências: o saber, o saber fazer e o saber ser e estar. O "saber" levará o estudante ao domínio dos conhecimentos teóricos e práticos, que posteriormente o levará ao seu desenvolvimento profissional (WAFUNGA, 2017).

Assim, há toda a necessidade das instituições gestoras educacionais e os próprios professores investirem na formação continuada, como forma de contribuir para a melhoria do desempenho profissional dos professores e da qualidade das aprendizagens dos alunos. Muito pouco se tem escrito sobre a formação contínua de professores em Angola, assim como também visto na região estudada aqui no Brasil.

Figura 2. Formação Continuada e uso das TIC nas escolas segundo a gestão escolar.



(A) Percentual de escolas que investem na formação continuada para uso das TIC.



(B) Percentual de docentes que usam TIC em suas aulas segundo gestão escolar.

As TIC além de ser um componente de suporte didático, indica uma nova prática pedagógica, comprovando desse modo, a mudança da postura do professor, mas principalmente, uma efetiva mudança do projeto pedagógico da escola em que atua, do preparo do docente, de alunos, de equipamentos e do espaço para que seu uso seja eficaz.

O governo angolano elaborou a Lei de Bases do Sistema de Educação (LBSE), onde delibera estratégias até 2025 para o sistema sociocultural, que "obriga à realização de uma reforma total, abrangendo todos os aspectos da educação em Angola" (INIDE, 2009). Engloba

a reformulação de planos curriculares em todo o país, reparo das condições para o processo ensino-aprendizagem (equipamentos, materiais didáticos, etc.), formação inicial e continuada de docentes e gestores educacionais, tal como a criação de legislação sobre educação que regulamenta condições para escolas do país promoverem uma gestão curricular contextualizada. Entre todos os aspectos da "Estratégia Angola 2025", encontra-se a sétima dimensão que integra o uso de TIC para "melhoria dos processos de ensino-aprendizagem e a universalização de um conjunto de competências básicas em TIC para o exercício de uma cidadania ativa nas sociedades baseadas no conhecimento".

No Brasil, a BNCC trata as TIC como competência e que deve atravessar todo o currículo escolar. Segundo Garofalo (2018), a tecnologia deve ser encarada como uma estratégia de ensino, uma intervenção social que contextualize seu uso ao conteúdo aplicado desenvolvendo uma das dez competências gerais citadas no documento.

> Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BNCC 2018, p.9).

Utilização das TIC no Ensino de Biologia

Muito se tem questionado sobre as dificuldades enfrentadas pelos professores no ensino de Biologia, onde o conhecimento é passado muitas vezes de forma sistemática e descritiva, desvinculado da realidade dos estudantes, resultando apenas na memorização dos conteúdos.

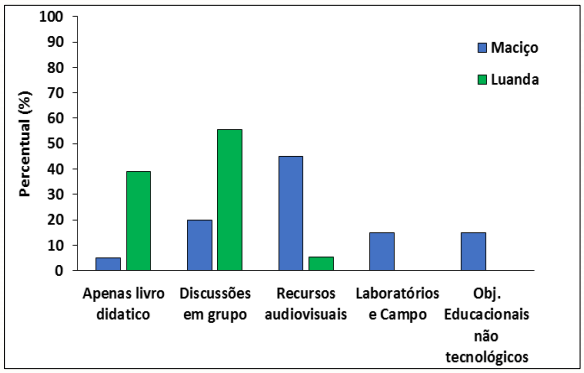
No Maciço de Baturité, as escolas apresentaram de 1-3 professores de Biologia por escola, alguns dos quais sem formação específica na área, assim como também em Luanda. Procuramos, inicialmente, conhecer como as aulas de Biologia eram ministradas, através de questionários aplicados aos docentes. Ressalta-se que não foi feita nenhuma observação de aulas nesse trabalho.

Como resultado, o uso do livro didático (39%) e discussões em grupo (56%) foram predominantes em Luanda, o que corrobora com as dificuldades relatadas pelos professores do local, como falta de estrutura e de materiais didáticos disponíveis (Figuras 3A e 3B). Já os professores do Maciço relataram usar outras metodologias, mesmo com as dificuldades relatadas. Entre as dificuldades, destacaram a falta de estrutura, como de laboratório de Ciências, recursos audiovisuais, material didático etc., além da necessidade de orientação pedagógica, a excessiva carga horária e falta de interesse dos alunos (Figura 3B).

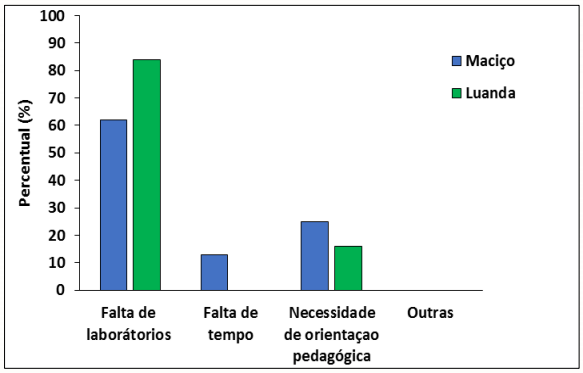
Rossasi e Polinarski (S/D) em seu trabalho também encontraram como relatos dos professores de Biologia, as principais dificuldades: às condições do ambiente, recursos didáticos, interesse dos alunos e número de alunos por turma e principalmente a falta de um laboratório de Ciências, e enfatizam que a ideia de fazer Ciência em um local especifico ainda é muito forte entre muitos professores da disciplina no início do século XXI.

Outro fator importante é a excessiva carga horária, que chega em 200 horas trabalhadas, sem pausas para descanso, o que lesa o bem-estar psicológico e na qualidade de vida, gerando doenças e desconforto do docente (ARAÚJO; CARVALHO, 2009). Sem contar que essa carga horária demasiada, impede o docente de se dedicar na formação continuada, a qualidade da aula cai e lhe falta tempo para preparo e reflexão sobre a atividade pedagógica.

Figura 3. Percepção docente do ensino de Biologia em Luanda e Maciço de Baturité.



(A) Recursos didáticos utilizados pelos professores nas aulas de Biologia.



(B) Dificuldades relatadas pelos professores para realização de aulas de Biologia.

De acordo com Morán (2001), o docente de Biologia deve empenhar-se em expandir o olhar para além da sala de aula, como por exemplo, organizar pesquisas na internet, práticas em laboratório e em campo que liguem os alunos à realidade. Essa nova afronta, sugere ao professor apresentar novos meios de ensino, usando tecnologias, levando aos alunos diferentes formas de disseminar o conhecimento.

Os professores quando questionados sobre as TIC e sua importância para a educação, todos tinham o entendimento de sua importância como auxiliar no processo de ensino a aprendizagem do aluno, exemplificada na resposta: "*Promover a conexão com as práticas, incluindo as mídias como parte do ensino e aprendizagem".* Os professores também relataram a sua importância, especialmente na relação da teoria com a prática, na busca por novos conhecimentos, aumento do interesse e aprendizado do aluno com uso de imagens, atualização de temas e conteúdos: *"Estabelecer relações entre a teoria e a prática de maneira mais atual" "Estimular na busca de informação e conhecimentos que as tecnologias ou mídias podem*

proporcionar" "Faz com que os alunos percebam a funcionalidade do corpo humano devido à complexidade que a mesma apresenta".

Quanto as dificuldades ao uso das tecnologias em suas aulas, a maioria relatou que a escola não dispunha de estrutura física e recursos tecnológicos suficientes, como computadores, acesso à internet ou mesmo *datashow*. Assim como resultados do CETIC (2018) muitos professores tem a percepção da importância e seu impacto em suas práticas pedagógicas, mas se restringem a pesquisas na internet, ou mesmo não a utilizam devido à falta de recursos da instituição.

Na figura 4A observa-se que os professores do Maciço de Baturité, em geral, utilizam com frequência alguma forma de tecnologia, enquanto, em Luanda a maioria dos professores utilizam eventualmente ou mesmo nunca usaram tecnologias em suas aulas. Entre as habilidades requisitadas do professor atualmente, saber integrar as TIC na sala de aula é uma delas. Mesmo diante das dificuldades encontradas, percebe-se um grande esforço dos professores de estimular o uso de computadores e da internet pelos estudantes, através de pesquisas e estudos pela internet, desenvolvimento de trabalhos e projetos e utilização de jogos educativos disponíveis (Figura 4B). A figura 4C revela quais recursos tecnológicos mais comuns usados pelos docentes em suas práticas pedagógicas. Entre eles, os mais usados são o uso de Datashow, vídeos, pesquisa em sites educativos e uso de softwares/jogos educativos e redes sociais/e-mail.

Esses resultados retratam que mesmo com todas as dificuldades, a tecnologia está de fato presente na rotina escolar. Contudo, as tecnologias sozinhas não mudam a escolas, mas trazem mil possibilidades de apoio ao professor e de interação com e entre os alunos (MORAN; MASETO; BEHRENS, 2003).

Barros (2019) em seu trabalho, incentiva o uso da plataforma AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem), uma das mais conhecidas no Brasil, que apresenta diversos recursos como livros virtuais, bibliotecas *on line*, exercícios personalizados e *gamificados*, podendo ser adequado o tempo para cada aluno. A autora também relata que algumas pesquisas o uso de ferramentas tecnológicas fora da sala de aula, faz os estudantes se sentirem mais envolvidos e interessados na aprendizagem e os professores também podem usar as tecnologias na preparação de suas aulas com apoio da internet.

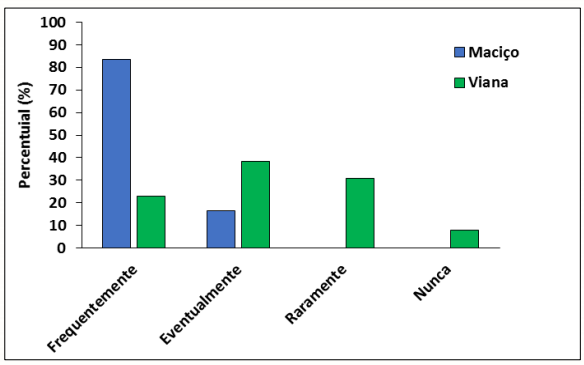
A internet ainda é a principal ferramenta tecnológica voltada para a aprendizagem e facilitador da atividade docente (BARROS, 2019), especialmente na realidade que encontramos as escolas brasileiras, assim como as angolanas, que não conseguem acompanhar a evolução tecnológica.

> Renovar os equipamentos constantemente, oferecer amplo acesso à *internet* e ter mão de obra especializada para manutenção de todo este aparato tecnológico incluindo um quadro docente qualificado, exige um grande investimento por parte dos gestores, governantes e professores (BARROS, 2019, p.8).

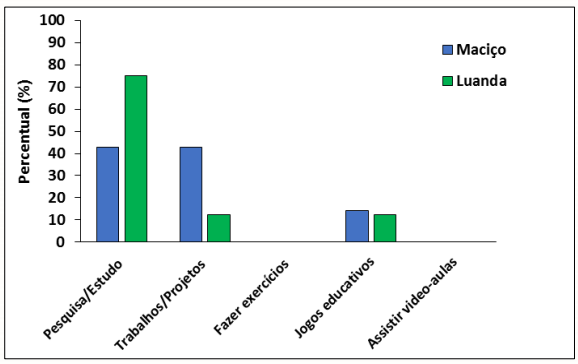
A figura 4D mostra as necessidades de formação continuada dos docentes entrevistados. Interessante destacar que além do uso de *Softwares educacionais*, conhecimentos simples, como o uso de *recursos audiovisuais, projetores multimídias, gráficos, tabelas e slides* ainda são as necessidades básicas para os dois países estudados. Ações da instituição gestora para formação desses docentes é imprescindível, pois os mesmos precisam se sentir preparados e confiantes para usar a tecnologia de forma correta cumprindo o seu papel de mediador do conhecimento, transmitindo o conteúdo de maneira moderna e eficaz.

Em Luanda, o uso do computador e a internet concentra-se na troca de e-mails, pesquisa de sites de música, filmes, jogos e outros entretenimentos, raramente as suas consultas se orientam para os conteúdos curriculares (Mapka, 2012). Segundo o autor, assim como em outros países, verifica-se uma grande resistência dos professores angolanos em usar o computador e Internet para prepararem e lecionarem as aulas, o que foi possível perceber aqui, como mostra a figura 4A. As principais barreiras encontradas no contexto nacional são: escassez de recursos financeiros na educação, consequentemente para projetos de TIC; falta de programas nacionais para formação de competências pedagógicas em TIC na Educação; insuficiência curricular de conteúdos transversais sobre as TIC no ensino secundário e pouca parceria entre o setor público e privado (Mapka, 2012). As mesmas dificuldades acreditamos aplicar-se aqui no Brasil.

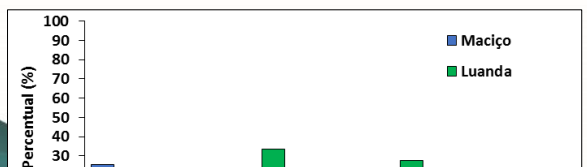
Figura 4. Uso das TIC nas aulas de Biologia pelos professores de ensino médio nas escolas do Maciço de Baturité e Luanda.

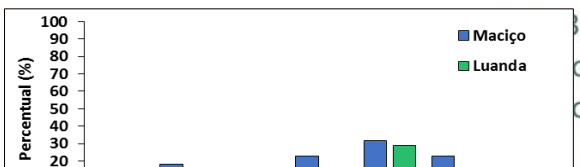


(A) Uso de tecnologias pelos professores de Biologia.



(B) Atividades desenvolvidas pelos professores de Biologia com uso de computadores e internet nas escolas.





Dentre inúmeras iniciativas acessíveis na internet com o objetivo de compartilhamento de conteúdo digital aqui no Brasil, podemos citar os repositórios, como o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE) disponibilizado pelo Ministério da Educação (MEC), outras iniciativas como TV Escola e Portal do Professor estão acessíveis como recursos educacionais gratuitos, os quais amparam a começar da educação básica até o nível superior, em inúmeros ramos do conhecimento (BRASIL, 2016). Em Angola, o Ministério da Educação iniciou um Guia de Tecnologias Educacionais, com indicações que ajudam na gestão educacional, para que docentes e gestores apliquem essas tecnologias para a melhoria da educação.

Infelizmente, mesmo com o esforço do governo de ambos os países, o efeito ainda é pequeno, como pode ser observado nas respostas dos docentes entrevistados. Professores driblam as dificuldades cotidianas para tentar inserir qualquer tecnologia na rotina escolar. A carência de recursos e espaços adequados para aulas práticas é quase unanimidade nas respostas dos entrevistados. Falta de tempo e acesso à internet para pesquisas, com a finalidade de elaborar esse tipo de aula é também um ponto negativo na rotina dos docentes.

Utilizar a tecnologia como aliada da educação, impulsiona o desenvolvimento social e educativo, facilita o acesso à informação e abre possibilidade para conhecer inúmeros fundamentos e noções sobre Biologia de maneira interativa e estimulante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os avanços tecnológicos, a escola passou a ter a necessidade de adequar o ensino frente às novas tecnologias. Mas, infelizmente em pleno século XXI, a formalidade que as aulas ainda são ministradas, especialmente no ensino de Biologia por sua complexidade, o uso apenas do livro didático e do quadro, dificulta a assimilação do conteúdo apenas com a teoria.

A inserção das TIC como nova metodologia de ensino traz diversos benefícios, tanto para alunos como para professores, que além de aprenderem a usar as ferramentas, que são inúmeras, os alunos demonstram mais interesse, pois a tecnologia está presente no seu cotidiano. Metodologias educativas inovadoras é hoje um dos principais temas de estudo por profissionais da área.

Apesar de todas as vantagens do uso de TIC, percebemos muitas dificuldades enfrentadas no Brasil e em Angola para seu real aproveitamento e efetivação. Angola venceu a guerra civil no início do século, e como consequência, um retrocesso em todos os setores do país, incluindo a educação. Infelizmente, por mais que se fale de tecnologia para auxiliar no desenvolvimento do país, ainda é escassa uma política nacional que contribua de fato na inserção dessa prática na educação. Angola merece maior investimento por parte do governo e

de empresas privadas, para que alunos recebam o mínimo necessário para interação com o mundo.

No Brasil há política vigente para elevar o uso das TIC em sala de aula, recentemente aprovada a BNCC busca como uma de suas competências o uso das tecnologias no cotidiano e na formação dos estudantes. Porém, conforme apresentado na pesquisa, ainda há muito que melhorar. A insuficiência clara presente no ambiente escolar, na maioria dos casos, o despreparo docente somado à falta de recursos, resultam em um uso deficiente das tecnologias, na qual para o uso de ferramentas básicas ainda é necessário formação dos professores.

É necessário investimento na formação continuada, esse é um fator importante, senão o principal fator para que o uso das TIC esteja mais presente no ambiente escolar. Nesse panorama, conclui-se que o uso das TIC no ensino de Biologia necessita ser considerado pelos docentes como um aliado quanto à assimilação do conhecimento, favorecendo um aprendizado rápido e dinâmico, além de desenvolver o senso crítico e trazer nova visão do mundo ao seu redor. As tecnologias no ensino de Biologia podem auxiliar os alunos a avaliar situações, simulando teorias com as práticas, atualiza e globalizada.

REFERÊNCIAS

ANGOLA. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº13/2001 de 31 de dezembro. Luanda: 2001.

ARAÚJO, T.M.; CARVALHO, F. M. Condições de Trabalho Docente e Saúde na Bahia: Estudos Epidemiológicos. **Educ. Soc., Campinas**, v. 30, n. 107, p. 427-449, 2009.

ASSIS, K. K.; CZELUSNIAK, S. M.; ROEHRIG, S. A. G. **A articulação entre o Ensino de Ciências e as TIC:** Desafios e possibilidades para a formação continuada. I Congresso Nacional de Educação. EDUCERE. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, p. 1155- 1165, 2011.

ATANAZIO, A.M.C. **As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no Ensino de Ciências:** Uma conversa de professor para professor. Alessandra Maria Cavichia Atanazio, Álvaro Emilio Leite, 2018, 40p.

BARROS, A. F. Novas tecnologias como aliadas à educação: desafios docentes. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 01, V. 08, p. 27-37, 2019.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC). **Educação é a Base**. Brasília, MEC. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 16 de julho 2019.

BRAGA, A. M. F. Ensino-aprendizagem de Biologia: Por uma diversidade metodológica sustentável. **Revista Formação e Prática Docente**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 34- 51, 2016.

COSTA, A. G.; RAMOS, J. F. P.; MARTINS, L. S. **O que revelam os indicadores socioeducacionais?** O direito à educação na região do Maciço de Baturité – Ceará. II Congresso Nacional de Educação (II CONEDU), Campina Grande, Paraíba, 2015.

CETIC. **TIC Educação.** 2018. Disponível em: <https://cetic.br/pesquisa/educacao/>. Acesso em: 17 de julho de 2019

DARIDO DA CUNHA, M.; BIZELLI, J. L. Inovações tecnológicas e contexto escolar: reflexões necessárias. **Rev. Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v.10, n.1, p. 1-17, 2015.

FERNANDES, C. Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) em ascensão em Angola. Deutsche Welle. 2014. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-002/tecnologias-de-informa%C3%A7%C3%A3o-e-comunica%C3%A7%C3%A3o-tic-em-ascens%C3%A3o-em-angola/a-17729390-0>. Acesso em: 15 de julho de 2019.

FERREIRA, A. O.; SOUZA, M. J. J. A redefinição do papel da escola e do professor na sociedade atual. **Vértices**, v. 12, n° 3, p. 165-175, 2010.

FILIPE, O. I, *Promoting listening classes for grade English students at IMNE Garcia Neto.* 2009. Luanda, Angola: Instituto Superior de Ciências da Educação. Graduação, 2009.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Organizadores). **Métodos de Pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GETO, D. O crescimento das TICs em Angola depois da Paz. 2018. Disponível em: <https://www.menosfios.com/o-crescimento-das-tics-em-angola-depois-da-paz/>. Acesso em:15 de Julho de 2019.

INIDE Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento da Educação. **Programa de Estudo do Meio**: 1.a Classe. Luanda: Ministério da Educação de Angola, 2009.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2005. v. 1. 197 p.

LIBÂNEO, J. C. **Adeus professor, adeus professora**: novas exigências educacionais da profissão docente. 12ª ed. São Paulo: Cortez, 2010.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Tecnologia a Serviço da Educação.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/18840-tecnologia-a-servico-da-educacao-basica-sp-1538109320>. Acesso em: 15 de julho de 2019.

MIRANDA, J. C. Uso de novas tecnologias no ensino. **Revista Educação Pública**, 2017.

MORAN, J. M.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica.** São Paulo: Papirus, 2003.

MORAN, J. M. A contribuição das tecnologias para uma Educação Inovadora. **Contrapontos**, v. 4, n. 2, p. 347-356, 2004.

MORAN, J. M. **Mudando a educação com metodologias ativas**. Coleção Mídias Contemporâneas-Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens, v. 2, 2015.

MPAKA, N. Realidade das escolas do segundo ciclo do ensino secundário em Luanda (Angola) para a implementação das tecnologias web 2.0. II Congresso Internacional TIC e Educação, 2012.

RAMOS, O. M.; COPPOLA, N. C. **Uso do computador e da internet como ferramentas pedagógicas**. 2009. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2551-8.pdf>. Acesso em: 09 julho de 2019

ROSSASI, L. B.; POLINARSKI, C. A. Reflexões sobre Metodologias para o Ensino de Biologia: Uma Perspectiva a partir da Prática Docente. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/491-4.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2019.

SABINO, S. M.; MOULIN, T.; OLIVEIRA, A. P. G.; GANDINI, S. M. S.; VIANA, F. N.; SILVA, C. A. S**.** Influência do uso das TIC no ensino de biologia e ciências**.** XVII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XIII Encontro Latino Americano de PósGraduação e III Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, 2013.

SEEGGER, V.; CANES, S. E.; GARCIA, C. A. X. Estratégias tecnológicas na prática pedagógica. **Monografias Ambientais**, v. 8, nº 8, p. 1.887-1.899, 2012.

SILVA, A. M., *A percepção dos docentes sobre as Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de Biologia.* 2018. 43f. Universidade Federal da Paraíba, Areia, Graduação, 2018.

SUDÉRIO, F. B.; NASCIMENTO, M. B.; SANTOS, C. P.; CARDOSO, N. S. Tecnologias na educação: análise do uso e concepções no ensino de biologia e na formação docente. **Revista SBEnbio**. N.7, 2014.

WAFUNGA, E. S. I., *Análise das competências profissionais dos professores de Biologia de escolas do I Ciclo do Ensino Secundário da cidade de Benguela – Angola*. Facultad de Ciencias de la Educacion Universidad de Granada, España, Doutorado, 2017.

VIDAL, E. M.; MOREIRA, A. N. G.; MENEGHEL, S. M.; SPELLER, P. Cenários da Educação no Maciço de Baturité/Ce: Reflexões sobre as políticas públicas de educação na região. III Congresso Ibero Americano de Política e Administração da Educação. 2012. Disponível em: <http://www.anpae.org.br/iberoamericano2012/Trabalhos/EloisaMaiaVidal_res_int__B_GT5.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2019.

VIEIRA, S.L.; VIDAL, E.M. (Org.). **Gestão Escolar no Maciço de Baturité**. Fortaleza: Design Editorial, 2014.

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ASTRONOMIA

Neila Andrade Tostes López dos Santos [1]
Ana Caroline Gonçalves Gomes dos Santos [2]

RESUMO

Nesse trabalho analisamos as contribuições de uma sequência didática, baseada no Ensino por Investigação, na construção e/ou reelaboração de conhecimentos sobre astronomia e na formação do espírito científico, segundo pressupostos de Gaston Bachelard. A sequência foi desenvolvida com16 alunos de 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública de Campo Grande/MS. Durante as atividades, os estudantes levantaram hipóteses a um problema presente em uma história problematizadora, manipularam simuladores e mobilizaram conhecimentos de astronomia para testar suas hipóteses e dar respostas ao problema. A pesquisa foi de cunho qualitativo e, na análise das atividades da sequência didática, buscamos identificar indícios de construção do conhecimento e de obstáculos epistemológicos que impedem a formação do espírito científico. Para isso, todas as falas e registros desenvolvidos pelos alunos foram gravados e transcritos. Os resultados apontam que os alunos iniciaram a construção de alguns conhecimentos científicos relacionados à Astronomia, no entanto, também identificamos alguns obstáculos epistemológicos que podem dificultar a aprendizagem, como o obstáculo verbal, a experiência primeira, o animismo e o realismo. Nesse sentido, consideramos que a análise de obstáculos epistemológicos durante o processo de ensino e aprendizagem é uma atividade importante para minimizar as limitações presentes no ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ensino por Investigação; Astronomia; Espírito Científico.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências é objeto de estudo de muitos pesquisadores que investigam e procuram estratégias para melhorar o processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos relacionados a esse componente curricular. Nesse sentido, a abordagem didática do Ensino por Investigação tem se destacado com uma dessas estratégias, pois possibilita o desenvolvimento da autonomia, facilita a construção de significados, a observação crítica dos fenômenos e a aproximação com a cultura científica durante o processo de resolução de problemas.

Segundo Sasseron (2015), o Ensino por Investigação caracteriza-se como uma abordagem didática desenvolvida pelo professor e que pode estar relacionada a qualquer

[1] Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, neilandradetostes@gmail.com;
[2] Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, anacarolineggsantos@gmail.com.

conteúdo do ensino. Nessa abordagem, o professor coloca em prática habilidades que possibilitam a construção de saberes por meio da resolução de problemas. Além de propiciar a construção de conhecimentos científicos, o Ensino por Investigação também promove o exercício de práticas que se aproximam do trabalho científico, o que pode favorecer a desmistificação de concepções equivocadas sobre a natureza do desenvolvimento da Ciência.

Por ser pautado no processo de resolução de problemas e aproximações com a cultura científica, consideramos que o Ensino por Investigação pode se articular às ideias de Gaston Bachelard (1884 – 1962), pois, de acordo com este epistemólogo, a Ciência é um processo descontínuo, fruto da retificação de erros, e o conhecimento científico se dá a partir da resolução de problemas. Além disso, conforme Bachelard (1996), a constituição do pensamento científico é um processo complexo, pois exige a superação de lentidões e conflitos inerentes à mente humana, chamados por ele de obstáculos epistemológicos. No contexto do ensino, a identificação desses obstáculos pode contribuir para a elaboração de estratégias que minimizem a inércia do pensamento durante a aprendizagem de conceitos científicos.

Considerando o que foi exposto, desenvolvemos uma sequência didática baseada no Ensino por Investigação com 16 alunos do 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública, localizada em Campo Grande (MS). Na sequência didática, buscamos investigar e aprofundar os conhecimentos dos alunos sobre a curvatura da Terra a partir da história problematizadora “Uma viagem luminosa às sombras”, elaborada pelo Prof. Dr. Marcos Daniel Longhini (GOMIDE, 2012). Na análise das atividades da sequência, também identificamos e discutimos alguns indícios de obstáculos epistemológicos presentes nos relatos dos estudantes. Esses indícios se transformaram em subsídios para elaboração de novas estratégias que visam superar as limitações identificadas.

OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS E A FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO

Como um dos primeiros críticos da concepção empírico-indutivista, o epistemólogo Gaston Bachelard relaciona a construção da ciência ao progresso do pensamento. Para ele, o desenvolvimento da ciência é marcado por descontinuidades, pois o pensamento científico é construído pela retificação de erros do passado, ou seja, “o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos [...]” (BACHELARD, 1996, p. 17).

Sendo assim, o progresso da ciência é caracterizado por sucessivas rupturas e, nesse movimento, os saberes científicos são continuamente reconstruídos. Esse desenvolvimento, entretanto, não se dá de forma simples e repentina, uma vez que o ato de conhecer é marcado por dimensões psicológicas. Segundo Bachelard, a formação do espírito científico passa por três estágios, que partem de um pensamento concreto, caracterizado por intuições sensíveis e experiências sensoriais a um estágio abstrato em que a razão opera sem os obstáculos que barram o pensamento científico. Bachelard defende que "[...] a abstração desobstrui o espírito, que ela o torna mais leve e mais dinâmico". (1996, p. 8).

O processo de abstração necessário à formação do espírito científico, contudo, não acontece de maneira uniforme e harmoniosa, pois "o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno. As revelações do real são recorrentes. O real nunca é 'o que se poderia achar' mas é sempre o que se deveria ter pensado". (BACHELARD, 1996, p. 17). E, para explicar isso, o epistemólogo apresenta a ideia de *obstáculos epistemológicos* que são as lentidões e conflitos que surgem durante o ato de conhecer alguma coisa. Para o autor, "[...] é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado" (BACHELARD, 1996, p. 17). Vale destacar que esses obstáculos são inerentes ao próprio ato de conhecer, ao "espírito humano", como escreve Bachelard, e não à complexidade ou fugacidade dos fenômenos.

No livro "*A formação do Espírito Científico*", Bachelard apresenta e discute nove obstáculos epistemológicos. Ele salienta que "a noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação. (BACHELARD, 1996, p. 21). Além disso, ressalta que a superação desses obstáculos é necessária à formação do espírito científico. Apresentamos a seguir concepções de alguns dos obstáculos epistemológicos estudados por Bachelard relevantes para esta pesquisa.

A experiência primeira

Para Bachelard (1996), a experiência primeira ou observação primeira é o primeiro obstáculo para a formação do espírito científico. O epistemólogo ressalta que as impressões iniciais sobre um fenômeno são carregadas de ingenuidade e fascínio: "[...] essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos." (BACHELARD, 1996, p. 25).

Como a experiência primeira é acrítica e carregada de percepções imediatas, "[...] dá-se preferência às imagens e não às idéias" (CARDOSO, 1985, p. 19), assim, experimentos e/ou

fenômenos curiosos e divertidos são preferidos/privilegiados em detrimento de concepções que contribuem para a formação do pensamento científico.

Bachelard (1996, p. 50) evidencia a importância da superação desse obstáculo nas práticas educativas e destaca que "as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse". Para minimizar isso e promover a aproximação com o espírito científico é necessário que o professor formule problematizações e "passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto" Bachelard (1996, p. 50). E assim, quando retomar à experiência, haverá melhores possibilidades para promover a distinção dos aspectos orgânicos do fenômeno e destacar o observador de seu objeto.

O conhecimento geral

O obstáculo do conhecimento geral diz respeito às grandes generalizações e às verdades primeiras concebidas pelo pensamento pré-científico. Essas generalizações tentam esclarecer vários fenômenos a partir de uma definição, sem considerar a variação de condições em que os conceitos científicos podem ser aplicados.

Bachelard (1996) adverte sobre essa facilidade que seduz e satisfaz os espíritos mais apressados e constata, a partir de vários exemplos, que essas leis gerais bloqueiam o desenvolvimento do pensamento científico:

> [...] essas leis gerais definem palavras e não as coisas; a lei geral da queda dos graves define a palavra grave; a lei geral da retidão do raio luminoso define tanto a palavra reta quanto a palavra raio, com tal ambigüidade do a priori com o a posteriori que chegamos, pessoalmente, a sentir uma espécie de vertigem lógica; a lei geral do crescimento e da morte dos seres vivos define a palavra vida com uma espécie de pleonasmo. Então, tudo fica claro; tudo fica identificado. Mas, a nosso ver, quanto mais breve for o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental. (BACHELARD, 1992, p. 71).

Além disso, Bachelard (1996, p. 76) também sinaliza que "a conceitualização científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que pretendemos, para formar um eixo de pensamentos inventivos". Desse modo, as generalizações apressadas podem levar a equívocos e, como salienta Cardoso (1985, p. 21): "um conhecimento geral corre o risco de se converter em um conhecimento extremamente vago.".

O obstáculo verbal

Trata-se de um obstáculo inerente ao uso inadequado de expressões, imagens, metáforas e analogias para explicar fenômenos científicos. A "facilidade" oriunda desses obstáculos verbais propicia a associação de uma palavra concreta a uma abstrata e cria-se a ilusão de que certas expressões são autoexplicativas e não precisam de questionamento, ou seja, "para um espírito pré-científico, às vezes uma única palavra pode se converter em uma explicação suficiente." (CARDOSO, 1985, p. 21).

O obstáculo substancialista

O substancialismo está relacionado ao obstáculo verbal e, assim como o último, é difícil de ser superado, pois está apoiado em uma filosofia fácil. O entrave do espírito científico reside no fato de que se "conhece um objeto segundo o papel por este desempenhado" (CARDOSO, 1985, p. 21). Segundo Bachelard,

> Um dos sintomas mais claros da sedução substancialista é o acúmulo de adjetivos para um mesmo substantivo: as qualidades estão ligadas à substância por um vínculo tão direto que podem ser justapostas sem grande preocupação com suas relações mútuas. [...] quanto menos precisa for uma idéia, mais palavras existem para expressá-la. No fundo, o progresso do pensamento científico consiste em diminuir o número de adjetivos que convém a um substantivo, e não em aumentar esse número. Na ciência, os atributos são pensados de forma hierárquica e não de forma justaposta. (BACHELARD, 1996, p. 140).

O substancialismo pode ser resultado do materialismo propiciado pelo uso de imagens ou atribuição de qualidades aos fenômenos.

O conhecimento Unitário e Pragmático

Assim como os outros, esses obstáculos interrompem o pensamento científico, já que impedem o aprofundamento do estudo sobre os fenômenos. Na concepção de Bachelard (1996), o unitário conserva o poder de seduzir, assim como a generalização, pois é um princípio alcançado com facilidade. "[...] a unidade constitui, para um espírito pré-científico, um princípio alcançado sem maiores esforços. Como a Natureza é única, tudo o que explicar o grande deve explicar o pequeno e vice-versa" (CARDOSO, 1985, p. 21). O pragmático também traz falsas ilusões, pois conduz o pensamento pré-científico a identificar finalidades, utilidades e usos para os fenômenos, em geral traduzidos sob ótica humana. "Para um espírito pré-científico, verdade e utilidade estão sempre associadas" (CARDOSO, 1985, p. 21), assim, basta encontrar um elo entre unidade e utilidade para findar o processo de conhecimento.

Obstáculo realista

No realismo, os objetos são analisados no âmbito do concreto, ou seja, busca-se concretizar o abstrato para compreender os fenômenos. Desse modo, substâncias dos objetos de estudo são tidas como bens pessoais, e metáforas são utilizadas para descrever o real dentro do concreto. Esses fatores esvaziam o conteúdo científico e, por sua vez, impedem a abstração necessária ao progresso da ciência.

O animismo

Como um dos obstáculos mais recorrentes no ensino de ciências, o animismo consiste em inserir o conceito de vida em campos de estudo que não pertencem à biologia (BULCÃO, 1981), ou seja, fenômenos físicos são explicados a partir de qualidades biológicas: "[...] em certo estágio do desenvolvimento pré-científico, são os fenômenos biológicos que servem de meio de explicação para os fenômenos físicos." (BACHELARD, 1996, p. 200-201).

O animismo pode transmitir uma imagem natural, convincente e traz uma falsa clareza do fenômeno; por isso ele é um obstáculo à formação do espírito científico.

Diante do que expusemos e fundamentadas em Bachelard (1996), consideramos que a detecção dos obstáculos epistemológicos nos processos de ensino e aprendizagem podem contribuir para a apropriação adequada dos conceitos científicos e aproximar os alunos de atividades que caracterizam a cultura científica. A seguir, apresentamos as atividades que compuseram a sequência didática.

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE A CURVATURA DA TERRA

Recentemente o Ensino por Investigação surge como uma abordagem didática para alguns autores, com características que mostram a existência de aspectos epistemológicos comuns entre a construção do conhecimento científico e o conhecimento desenvolvido em sala de aula. Solino, Ferraz e Sasseron apontam que:

> O ensino por investigação pode ser considerado uma abordagem didática: não está diretamente associado a uma estratégia metodológica específica de ensino, mas configura-se como formas de agir e interagir que o professor utiliza em sala de aula para suscitar e desenvolver a abordagem de temas com seus estudantes (2015, p. 3).

Considerando o Ensino por Investigação no contexto escolar, a proposta tem como foco principal o ensino e aprendizagem dos alunos e, também, propiciar outras habilidades, como ressalta Azevedo (2009, p. 20): "o objetivo é levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas." Assim, o Ensino por Investigação pode possibilitar momentos de descobertas para o aluno, nas situações em que, por meio de um problema o educando se empenhe em articular com os colegas propostas de soluções.

A sequência didática apresentada, neste trabalho, teve como tema "Resolvendo um problema de Astronomia" e foi desenvolvida com 16 alunos de 8º ano do Ensino Fundamental, durante duas horas/aula, na disciplina de Ciências de uma escola pública de Campo Grande (MS). Nós atuamos como mediadoras no processo de ensino e aprendizagem empreendido. A história problematizadora que deu início à sequência didática, chamada de "Uma viagem luminosa às sombras", foi elaborada pelo Prof. Dr. Marcos Daniel Longhini e utilizada na dissertação de Gomide (2012), que também nos serviu de fundamentação.

Durante as atividades, trabalhamos conteúdos relacionados à curvatura da Terra e, também, à incidência de raios solares no planeta e aos movimentos dos corpos celestes. Os principais objetivos da sequência didática foram: identificar o formato do planeta, conhecer os movimentos de rotação e translação, perceber a inclinação da terra e observar a incidência dos raios solares de acordo com os meses do ano.

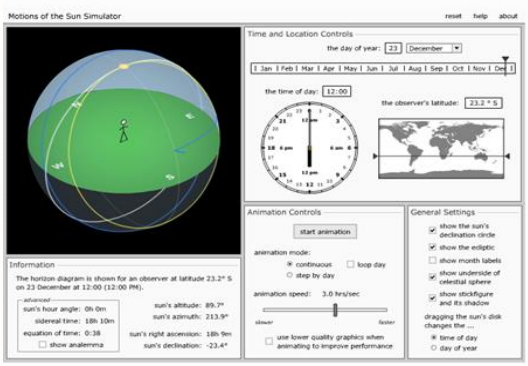
Na primeira atividade da sequência didática, que aconteceu em sala de aula, os alunos realizaram leituras da história problematizadora "Uma viagem luminosa às sombras". No final da história, havia o seguinte problema: *Como pode o mesmo Sol, na mesma data e ao meio-dia de cada cidade fazer com que em um lugar tenha uma grande sombra, como disse o Celeste ter visto em Macapá, em Salvador ter uma sombra não muito grande e, em São Paulo, não ter sombra nenhuma? Será que vimos errado?*

Após a familiarização com a história e o problema, solicitamos aos estudantes que elaborassem hipóteses à questão de forma oral e escrita. Depois disso, prosseguimos para a sala de informática da escola, onde os alunos utilizaram dois simuladores para testar suas hipóteses. O primeiro simulador utilizado pertence ao site do Grupo de Astronomia Sputnik[3], nele, os alunos observaram os movimentos do Sol em cada uma das cidades citadas na história problematizadora. Para essa observação, os estudantes delimitaram no simulador a latitude de cada cidade para a visualização da sombra no mês de dezembro, conforme explicitado na história.

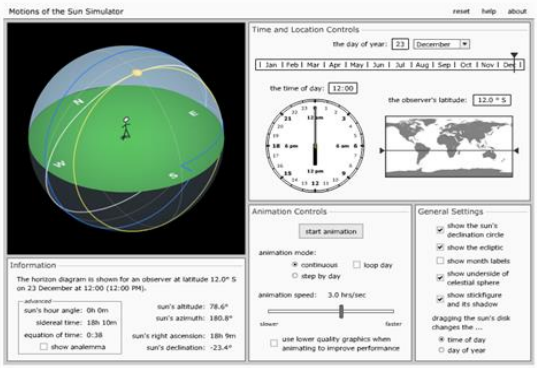
3 O primeiro simulador está disponível nesse link: <http://grupopsputnik.com/paginas_com_flash/Sun%20Motions%20Demonstrator.htm>.

Figura 1 - Simulador dos movimentos do Sol nas três cidades da história problematizadora.

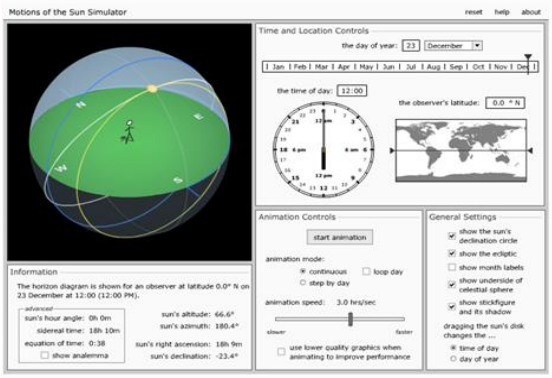
Primeira cidade – São Paulo (latitude 23,2º Sul)



Segunda cidade – Salvador (latitude 12º Sul)



Terceira cidade – Macapá (latitude 0,0



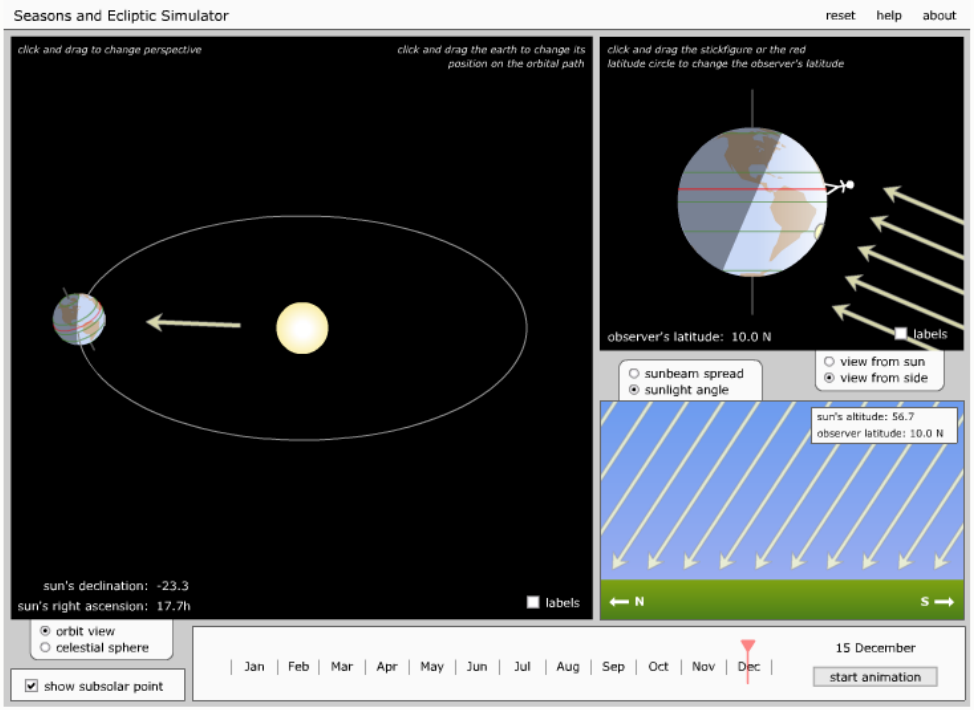
Fonte: Próprias autoras.

O uso desse simulador possibilitou aos alunos a visualização de diferentes sombras, fato que fez emergir novas hipóteses que se contrastaram às anteriores. Isso foi um aspecto interessante, uma vez que Bachelard (1996, p. 17) afirma que "o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização". Sendo assim, a contradição é um elemento necessário para validar uma hipótese científica, pois a retificação do erro é a base do pensamento científico, conforme salienta o epistemólogo.

No segundo simulador[4], que também pertence ao Grupo de Astronomia Sputnik, os alunos puderam visualizar a incidência de raios solares de acordo com as estações e os meses do ano. Assim como no primeiro, os alunos puderam contestar suas hipóteses iniciais e analisar as diferenças entre as sombras discutidas na história problematizadora, sempre com a nossa ajuda das professoras pesquisadoras.

[4] O segundo simulador pode ser acessado nesse link: <http://grupositunik.com/paginas_com_flash/Seasons%20Simulator%20%28NAAP%29.htm>.

Figura 2 - Simulador que representa a incidência de raios solares durante os meses do ano.



Fonte: Próprias autoras.

Após o uso dos simuladores, solicitamos aos alunos que elaborassem novas respostas ao problema, tanto de forma oral, como escrita, assim como foi feito na atividade que deu início à sequência didática. Os diálogos estabelecidos entre os alunos e destes com as professoras foram gravados digitalmente. Já as escritas dos alunos, assim como as falas, foram transcritas visando a familiarização e as análises. Os alunos foram codificados por números, a fim de preservar suas identidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira atividade da sequência didática, as professoras promoveram a familiarização com a história problematizadora por meio de leituras e anunciaram o problema relacionado à história. Consideramos pertinente iniciar a sequência didática a partir de um problema, pois Bachelard (1996, p. 17) sinaliza que questionamentos são importantes para a formação do espírito científico, já que "todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico". Desse modo, partimos da concepção de que a problematização poderia contribuir para que os alunos iniciassem e/ou reelaborassem a construção de alguns conhecimentos. Em relação a isso, atentamo-nos, também, na formulação adequada dessa problematização. Segundo Capecchi,

> A construção da problematização em sala de aula, portanto, não se limita à elaboração de um enunciado bem estruturado, que instigue a curiosidade dos estudantes. É preciso que, a partir de uma questão inicial, os estudantes sejam conduzidos a tomada de consciência de suas ações e que o professor os ajude nesse processo. A questão cientifica que o professor deseja explorar não precisa ser apresentada desde o início da problematização, mas construída aos poucos por meio de suas intervenções e das contribuições dos alunos (2013, p. 38).

Depois da proposição do problema, solicitamos aos alunos que elaborassem hipóteses a ele, tanto de forma escrita como oral. Estimulamos a formulação de hipóteses, nesse momento, a fim de identificar as principais concepções dos alunos a respeito do conhecimento que seria trabalhado. Ressaltamos que a identificação das concepções iniciais dos estudantes também é uma atividade importante no processo de aprendizagem de conhecimentos científicos, pois desconsiderar os saberes cotidianos e habituais dos estudantes pode ser uma falha, uma vez que nenhum conhecimento parte do zero. Nessa perspectiva, partimos do pressuposto que nossos alunos chegam à escola com uma bagagem de conhecimentos empíricos que precisa ser identificada para que, assim, o professor planeje estratégias de ensino que a reelabore. Bachelard (1996, p. 18) ressalta que "quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos". Dessa forma, é importante que o trabalho didático seja elaborado com a finalidade de transformar os conhecimentos sedimentados pela vida cotidiana em científicos.

Na análise das concepções iniciais dos alunos, identificamos alguns dos obstáculos apresentados por Bachelard (1996) e, além disso, várias concepções equivocadas sobre a curvatura e formato do planeta Terra.

Em relação aos obstáculos, verificamos que o *realismo*, o *animismo* e o *obstáculo verbal* apareceram com maior frequência, como observa-se nas transcrições que serão apresentadas. Vale destacar que os obstáculos epistemológicos são "polimorfos", ou seja, é natural que mais de um obstáculo esteja presente no discurso dos alunos. O trecho a seguir corresponde a algumas falas que emergiram após lermos ler o problema.

> (Aluno 16) O mundo, a Terra, ela é redonda, daí, faz de conta que ela é assim [o aluno pega uma folha de papel e a encurva e, a partir disso, tenta explicar que os raios solares 'atingem' a Terra de forma diferente]
> (Pesquisadora) Mas a Terra e o Sol realizam movimentos?
> (Aluno 15) A Terra roda bem devagar, quem roda rápido é o Sol....
> (Aluno 16 discordando da resposta do Aluno 15) Não, o Sol fica parado, ele é o núcleo, o meio....
> (Aluno 15) Não, porque o Sol se põe, ele anda, ele vai lá pra China, Japão, sei lá...
> (Aluno 16) Tá errado professora, faz de conta que o Sol é a minha mão, daí a Terra fica rodando em volta dele....
> (Pesquisadora) Será que o formato da Terra tem alguma coisa a ver com isso?

(Alunos maioria) Tem..."
(Aluno 16) Porque é redonda, a Terra é uma bola.

Verificamos, na fala do Aluno 16, indícios do obstáculo do realismo quando o estudante tenta explicar o objeto de estudo a partir de situações concretas "... *faz de conta que ela* (Terra) *é assim [...] faz de conta que o Sol é a minha mão [...] a Terra é uma bola*". Ao utilizar metáforas e analogias para explicar o fenômeno, comparando o Sol a sua mão e a uma bola, também se observa o obstáculo verbal, que é caracterizado pelo uso inadequado de expressões, imagens, metáforas e analogias para explicar fenômenos científicos. O obstáculo do animismo também esteve presente nas concepções iniciais dos alunos, como observamos na fala do Aluno 15, quando afirma que o Sol "*[...] anda, ele vai lá pra China, Japão [...]".* Vale destacar que, no animismo, o espírito pré-científico utiliza conceitos inerentes à vida para explicar fenômenos que não fazem parte da Biologia.

Além de obstáculos epistemológicos, os estudantes apresentaram várias concepções equivocadas, como sinalizamos. O aluno 16, por exemplo, apesar de trazer uma visão heliocêntrica, afirma que o Sol fica parado; essa interpretação é uma concepção alternativa que pode ter sido construída em etapas anteriores da Educação Básica, especialmente nos anos iniciais do Ensino Fundamental e perduram até os anos finais. Tais concepções podem ser devido à formação do docente sobre astronomia. Como indicam Langhi e Nardi,

> [...] o docente não preparado para o ensino de Astronomia durante a sua formação promove o seu trabalho educacional com as crianças sobre um suporte instável, onde essa base pode vir das mais variadas fontes, desde a mídia sensacionalista até livros didáticos com erros conceituais, proporcionando uma propagação destas concepções alternativas (2007, p. 5).

Assim, se o professor se apoia em materiais como o livro didático e outros recursos, ele corre o risco de trazer concepções frágeis aos alunos, que perduram até se depararem com outras concepções totalmente diferentes e que poderão ser aceitas pelos estudantes ou não.

Após formularem hipóteses referentes aos problemas, os alunos foram encaminhados à sala de informática da escola para testar suas hipóteses a partir do uso de simuladores. Logo no início dessa atividade, observamos indícios do obstáculo da experiência primeira, pois os alunos ficaram bastante empolgados com a "beleza" das animações e, por vários minutos, não se atentaram ao teor científico dos experimentos. Essa observação vai ao encontro das ideias de Bachelard, quando afirma que as impressões iniciais sobre um fenômeno são carregadas de ingenuidade e fascínio: "[...] essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos." (BACHELARD, 1996, p. 25).

Diante disso, foi necessário direcionar a atenção dos alunos ao teor científico das simulações e retomar a problematização inicial para que eles iniciassem a abstração do conhecimento. Destacamos que a sistematização do conhecimento científico presente nos experimentos é um processo importante para a formação do espírito científico. Dessa forma, haverá melhores possibilidades para promover a distinção dos aspectos orgânicos do fenômeno e destacar o observador de seu objeto.

Durante a experimentação, os alunos utilizaram os simuladores para tentar dar respostas ao problema e, para isso, foi necessário que eles identificassem a forma e a inclinação do planeta, observassem a incidência de raios solares de acordo com os meses do ano e conhecessem e/ou relembrassem os movimentos de rotação e translação.

O fato do problema dessa história direcionar os estudantes a pensar na incidência dos raios solares em três lugares diferentes foi interessante para que eles analisassem os conceitos científicos sob diferentes condições.

Essa característica permitiu que o obstáculo do conhecimento geral começasse a ser superado, pois houve a preocupação de não generalizar, de maneira apressada, os fenômenos estudados e, assim, tornar esses saberes vagos demais para que os alunos os compreendessem. Ressaltamos, dentro disso, que não tínhamos a pretensão de que os estudantes se apropriassem dos conceitos apenas com essa sequência, pois, conforme já sabemos, a internalização de conceitos é um processo muito complexo, além disso, como salienta Bachelard, "quanto mais breve for o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental. (BACHELARD, 1996, p. 71)".

Mesmo com a preocupação de identificar e, a partir disso, afastar alguns obstáculos, verificamos, durante as discussões entre os alunos e destes conosco, que muitas concepções distantes do pensamento científico ainda permaneceram. Como exemplos, podemos citar a persistência do obstáculo verbal (Aluno 15: "*A sombra tá, tipo, de ladinho*") e o animismo (Aluno 3: "*O Sol anda para cá e para lá*"). O obstáculo do conhecimento geral também figurou entre as falas dos alunos. A princípio, houve bastante confusão em distinguir os movimentos de translação e rotação que, muitas vezes, foram analisados como sinônimos. Entretanto, mesmo após discussão sobre movimentos, observamos que os alunos passaram a utilizar esses conceitos em situações em que eles não se adequavam, o que nos deu indícios do obstáculo do conhecimento geral, uma vez que, aparentemente, os estudantes tiveram a sensação de ter compreendido os fenômenos. Para Bachelard (1996), o espírito pré-científico que pensa ter compreendido com conceito passa a transpô-lo a todas as situações que lhe parecem

semelhantes, “leis que parecem ser muito claras estancam o pensamento, pois as generalizações são atraentes e satisfazem os espíritos mais apressados” (CEZARE; ANDRADE, 2016, p. 61).

Também observamos, durante a fala de alguns alunos, que muitos saberes, sedimentados pela vida cotidiana apresentam muita resistência a mudanças. No trecho a seguir, é possível verificar que o Aluno 16 ainda permanece com a ideia de que o Sol não se movimenta, mesmo após o uso dos simuladores e das nossas explicações.

> As cidades estão em lugares diferentes, quando é meio dia o Sol está no meio então em cada lugar pega um ângulo diferente do Sol, daí o Sol reflete diferente (Aluno 15).
> Não, o Sol fica parado, já disse, olha só na animação [...] (Aluno 16).

Isso demonstra, conforme aponta Bachelard (1996, p. 17), que “é impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais”, pois “diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber”. Considerando isso, compreendemos que o pensamento científico não se inicia em uma aula e, para que possamos desestruturar os obstáculos do senso comum apresentados pelos estudantes, serão necessárias várias reelaborações de conhecimentos, a fim de “substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico” (BACHELARD, 1996, p. 24).

Em relação às respostas dadas ao problema após as experimentações, observamos, conforme os trechos transcritos a seguir, que os alunos iniciaram a apropriação de alguns conceitos científicos; também verificamos em suas respostas como eles relacionaram os fatos da história problematizadora ao uso dos simuladores.

> (Aluno 3) A formação da sombra vai variar conforme a posição da luz, posição diferente de luz gera projeção diferente de sombra
> (Aluno 11) Isso acontece, pois, além da Terra girar em torno do Sol (translação), ela gira em seu próprio eixo, é isso que ocasiona a diferença
> (Aluno 13) A rotação e a translação afetam muito este fenômeno, porque a Terra gira em torno do Sol e por conta da latitude e da posição de cada cidade
> (Aluno 15) Porque São Paulo, Salvador e Macapá estão em lugares diferentes e por ser meio dia, o Sol está no meio e por isso ele reflete diferente em cada lugar. A Terra gira em torno do Sol, o raio solar pega em ângulos diferentes no Macapá, São Paulo e Salvador

Notamos nesses excertos, que os alunos apresentaram coerência quando se referiram à incidência dos raios solares em ângulos diferentes e que levaram em consideração as estações do ano, os movimentos de rotação e translação. Dessa forma, consideramos que alguns conseguiram dar resposta ao problema. Apesar disso, um ponto importante a ser analisado é que alguns estudantes não levaram em conta a curvatura do planeta na resolução do problema, apenas três alunos indicaram que a forma da Terra alteraria a projeção das sombras. Esse fato pode envolver o conceito da Terra ser plana. Vale mencionar que “a concepção de Terra plana

e estacionária, manifestará dificuldades em explicar cientificamente o ciclo dia/noite" (GOMIDE, 2017, p. 64).

Além disso, a maioria dos alunos não conseguiu estabelecer relações entre a sombra com os movimentos do Sol e a localização das cidades analisadas nos simuladores. Dessa forma, eles responderam parcialmente a pergunta em questão, como apontamos no excerto abaixo:

> Porque em um o Sol ficava no meio e o outro e o Sol não fazia sombra e os outros porque dependia da posição do Sol, ele não ficava no meio (Aluno 14, 2018).

O aluno 14, ao expor sua resposta, demonstra aparente confusão e se preocupa somente com o Sol e sua posição. O fato de ter visto as sombras projetadas nos simuladores pode não ter contribuído para elaborar uma opinião. Na visão de Bachelard (1996, p. 18), "O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza". O elemento oferecido aos alunos para elaborarem suas respostas foram os simuladores, neste caso, podem ter se tornado obstáculos a aprendizagem deste aluno.

Também percebemos que os simuladores proporcionaram aos alunos a visualização das diversas latitudes das cidades, as diferentes incidência dos raios solares e as sombras projetadas nas cidades de Salvador e Macapá. Entretanto ele não foi suficiente para que a maioria dos alunos se atentasse ao fenômeno, e os resultados/respostas fossem mais elaborados, como foi percebido na resposta do aluno 8: *"Os raios de Sol em São Paulo estão bem no meio e não tem sombra e em Salvador [...] e em Macapá os raios estão mais em cima, então por isso as sombras são diferentes"*. Assim, apesar dos cuidados que tivemos, o uso dos simuladores educacionais pode ser um empecilho à aprendizagem dos alunos e, por isso, precisa ser utilizado com maior cautela para que obstáculos, como a experiência primeira, não estagnem a abstração necessária à formação do espírito científico.

Mesmo com essas limitações, alguns alunos como o 11, 13 e 15 demonstram em suas respostas a percepção sobre o porquê das diferentes sombras, citando a relação dos movimentos de rotação e translação e como influenciam neste fato. Dessa forma, podemos relatar que alguns alunos conseguiram chegar ao resultado e a maioria obteve parcialmente a resposta ao problema.

Diante do exposto, consideramos que os obstáculos epistemológicos são concepções resistentes a mudanças, como ressalta Labati-Terra e colaboradores (2014). E, nesse sentido, atividades fundamentadas em problematizações, conforme proposto pela abordagem didática

do Ensino por Investigação e pelo próprio Bachelard, podem minimizar essas dificuldades e aproximar nossos alunos da cultura científica, já que “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado” (BACHELARD, 1996, p. 19). Sendo assim, acreditamos que a sequência didática proposta pôde iniciar o caminho de abstração de alguns conhecimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante as atividades da sequência didática, os alunos tiveram oportunidades de reelaborar e/ou iniciar a construção de alguns conhecimentos científicos relacionados à astronomia e, também, imergir em algumas práticas que se aproximam do trabalho científico. Todas essas ações se deram a partir de uma problematização, que instigou a maioria dos estudantes a procurar validação para suas hipóteses ou conhecimentos apresentados inicialmente.

Nesse processo, identificamos nas falas dos alunos alguns obstáculos epistemológicos que podem dificultar a formação do espírito científico, como o obstáculo verbal, a experiência primeira, o animismo e o realismo. Apesar disso, consideramos essas constatações como naturais, uma vez que nossos estudantes chegam à escola com bagagens de conhecimentos empíricos, marcados pelo senso comum. Sendo assim, os obstáculos epistemológicos não devem ser analisados como falta de conhecimento, mas sim como concepções que são resistentes a mudanças (LABATI-TERRA et al., 2014).

Destacamos também que experimentações, como os simuladores presentes na sequência didática, devem ser utilizados com cautela e sempre com a preocupação de não despertar falsos centros de interesse, pois é natural que os estudantes manifestem indícios do obstáculo da experiência primeira nessas situações, ou seja, apresentem fascínio pela beleza do experimento em detrimento do interesse pelo conhecimento científico. Desse modo, recomendamos que o professor direcione, sempre que possível, a atenção dos alunos ao teor científico da experiência, “a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto” (BACHELARD, 1996, p. 50).

Diante do exposto, consideramos que a análise de obstáculos epistemológicos durante o processo de aprendizagem é uma atividade importante para minimizar as limitações presentes no ensino de Ciências, pois ela pode propiciar a criação de subsídios para a elaboração de estratégias que enfocam mudanças na cultura experimental e derrubada de obstáculos sedimentados pela vida cotidiana, como destaca Bachelard (1996). Além disso, a passagem do

pensamento pré-científico para científico, que se trata de um processo bastante complexo, pode ser mediada por problematizações que coloquem em contradição conhecimentos do senso comum e permitam a substituição desses saberes por conhecimentos científicos abertos e dinâmicos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P.; NASCIMENTO, V. B.; CAPECCHI, M. C. M.; VANNUCHI, A. I.; CASTRO, R. S.; PIETROCOLA, M.; VIANNA, D. M.; ARAÚJO, R. S. (org.). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cecange Learning, 2009. Capítulo 2, p. 19-33.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BULCÃO, M. **O racionalismo da ciência contemporânea**. Rio de Janeiro: Edições Antares, 1981.

CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 2, p. 21-39.

CARDOSO, W. Os obstáculos epistemológicos, segundo Gaston Bachelard. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, São Paulo, n.1, p. 19-27, jan./jun. 1985.

CEZARE, P. S. L.; ANDRADE, M. A. B. S. A epistemologia de Bachelard e a construção do conceito de adaptação das espécies. **Investigações em Ensino de Ciências (Online)**, v. 21, n. 3, p. 53-73, 2016.

GOMIDE, H. A. **Conhecimentos de astronomia presentes na estrutura dos argumentos de estudantes revelados a partir do trabalho com história problematizadora**. 2012. 179 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.

GOMIDE, H. A. **Modelos Mentais de Estudantes dos Ensinos Fundamental e Médio Sobre o dia e a noite a partir de um Referencial na superfície da Terra e fora dela**. 2017. 276 p. Tese (Pós-Graduação em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia.

LABATI-TERRA, L.; LARENTIS, A. L; ATELLA, G. C.; CALDAS, L. A.; MANUEL GUSTAVO LEITÃO RIBEIRO, M. G. L.; HERBST, M. H.; ALMEIDA, R. V. Identificação de obstáculos epistemológicos em um artigo de divulgação científica - entraves na formação de professores de ciências? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 318-333, 2014.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015.

SOLINO, A. P., FERRAZ, A. T., SASSERON, L. H. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2015**. Ensino por Investigação como Abordagem Didática: Desenvolvimento de Práticas Científicas escolares. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, (21: 2015: Uberlândia, MG). **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1058-1.pdf> Acesso em: 10 jun. 2018.

O USO DA CALCULADORA NAS AULAS DE MATEMÁTICA DO ENSINO MÉDIO: REFLETINDO SOBRE O PAPEL DO PROFESSOR E SUAS CONCEPÇÕES

José Edivam Braz Santana[1]

RESUMO

O processo de ensino e aprendizagem, historicamente construído, e mais presente nas salas de aula de Matemática, concebe o ensino como "transmissão de conhecimento", e a aprendizagem como "mera recepção de conteúdos". Esta é uma prática não mais condizente com o momento atual (embora ainda bastante comum no cotidiano escolar) no qual novas metodologias, novas propostas de ensino, têm surgido com o objetivo de proporcionar novas abordagens do ensino desta disciplina. Neste contexto, o uso da calculadora, pode ser tomado como uma dessas "novas" abordagens. Este estudo teve como objetivo identificar as concepções manifestadas por duas professoras de Matemática do Ensino Médio sobre o uso de calculadoras em sala de aula. A pesquisa foi realizada no período de setembro a dezembro de 2014 com duas professoras de Matemática do Ensino Médio, sendo uma da rede pública de ensino do estado de Pernambuco (da cidade de Afogados da Ingazeira – PE) e a outra da rede pública de ensino do estado da Paraíba (da cidade de Monteiro – PB). Como instrumento de coleta de dados foi utilizada a entrevista semiestruturada, realizada com ambas as professoras, as quais foram identificadas por pseudônimos escolhidos por elas mesmas para preservação das suas identidades. As entrevistas foram gravadas e transcritas, compondo evidências do estudo realizado. Os resultados apontam para concepções de ensinar e aprender ainda arraigadas a posturas tradicionais, não favorecendo a autonomia dos estudantes nem o uso de tecnologias, como a calculadora, essenciais ao seu convívio em sociedade.

Palavras-chave: Concepções, Calculadora, Matemática, Ensino Médio.

INTRODUÇÃO

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2006), o processo de ensino e aprendizagem, historicamente construído, e mais presente nas salas de aula de Matemática, concebe o ensino como "transmissão de conhecimento", e a aprendizagem como "mera recepção de conteúdos". De acordo com esta prática "a aprendizagem é vista como um acúmulo de conhecimentos, e o ensino baseia-se essencialmente na "verbalização" do conhecimento, por parte do professor" (BRASIL, 2006, p. 80). Esta é uma prática não mais condizente com o momento atual (embora ainda bastante comum no cotidiano escolar) no

[1] Doutorando em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, edivamsantana@hotmail.com.

qual novas metodologias, novas propostas de ensino, têm surgido com o objetivo de proporcionar novas abordagens do ensino desta disciplina, inclusive com a utilização de materiais concretos e tecnologias.

Neste contexto, o uso da calculadora, através de atividades que permitam ao estudante explorar esta ferramenta, investigar propriedades, verificar resultados, tomar decisões em contextos variados, pode ser tomado como uma dessas "novas" abordagens, embora, ainda hoje, o uso de tecnologia, na sala de aula, assusta muitos professores (OLIVEIRA, 1999; FEDALTO, 2006; GUINTHER, 2009). No entanto, o desenvolvimento das tecnologias ocorre de forma muito rápida e "A escola deve se antecipar ao que será o mundo de amanhã. É impossível conceber uma escola cuja finalidade maior seja dar continuidade ao passado. Nossa obrigação primordial é preparar gerações para o futuro." (D'AMBRÓSIO, 1986. p. 46).

No entanto, não é a simples utilização de algum recurso tecnológico que tornará mais fácil algum conteúdo ou tornará a aula mais atraente, ou ainda fará com que os estudantes aprendam mais. Porém, a utilização de tecnologias, inclusive a calculadora, pode contribuir para o aprendizado de diversos conteúdos matemáticos. Segundo Souza (1996), citado por Guinther (2001, p. 17), "Estudos que discutem o uso da calculadora no ensino da Matemática aparecem a partir da segunda metade da década de 70. Eles concentram-se no período de 1975 a 1980 e referem-se fundamentalmente às implicações de sua utilização na aprendizagem dos alunos". No Brasil, segundo o mesmo autor, a utilização de calculadoras com as quatro operações já era discutida por D´Ambrósio em 1977.

Se utilizada de forma planejada, com objetivos claros, inclusive mostrando estes objetivos aos estudantes, o uso da calculadora pode favorecer o desenvolvimento da capacidade de investigar ideias matemáticas, a resolução de problemas, o levantamento de dados, a elaboração de estratégias.

Os instrumentos tecnológicos estão presentes em praticamente todos os setores da sociedade, portanto seu uso em sala de aula requer conhecimentos prévios de suas potencialidades e limitações, pois fora do ambiente escolar praticamente todos os alunos têm contato com essas tecnologias ou pelo menos sabem que elas existem. No caso específico da calculadora, "o ambiente de aprendizagem pode ser mais estimulante para alunos e professores, pois a natureza das propostas de trabalho pode ser mais diversificada, permitindo assim contemplar interesses e ritmos de trabalho diferentes" (PAQUES e SOARES, 2002, [s.p]).

No fundo, todos os professores têm uma certa dúvida quanto ao uso ou não da calculadora em sala de aula e uma preocupação de quando e como a calculadora será um

instrumento de construção do conhecimento entre os conteúdos matemáticos e suas relações ou apenas uma ferramenta de efetuar cálculos. Outra preocupação pertinente é quanto à necessidade de que a criança ao final do 5º ano da educação básica conheça a tabuada e saiba efetuar manualmente as quatro operações com números inteiros, com frações ordinárias e com frações decimais.

O uso planejado e criativo da calculadora nas escolas pode potencializar a aprendizagem dos conteúdos matemáticos, favorecendo a busca e a percepção de regularidades e o desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas. De acordo com Oliveira (1999, p. 144),

> O uso da calculadora em sala de aula de Matemática é um dos meios que o professor de Matemática pode se utilizar para criar situações que levem a ele e seus alunos a refletir sobre a construção do conhecimento matemático e a socialização do saber, transformando a sala de aula em um ambiente propício à discussão, troca de experiências e de elaboração de estratégias para se construir uma nova sociedade brasileira.

Esta "nova sociedade brasileira" requer indivíduos capacitados, atualizados e que acompanhem a evolução dos artefatos tecnológicos.

Uma recente viagem ao passado nos faz lembrar que houve um tempo em que os cálculos eram feitos manualmente com lápis e papel, inclusive nas várias atividades comerciais da época. Por muitas vezes nos impressionamos com a habilidade de cálculo das pessoas que trabalhavam em mercearias, lojas de conveniências, ao efetuarem todos os cálculos com lápis e papel.

Aos poucos, as calculadoras começaram a substituir o cálculo manuscrito e a exigir do operador de caixa apenas habilidade e rapidez para digitar os valores das mercadorias sendo que, atualmente, o operador de caixa tem apenas o trabalho de passar a mercadoria na frente de um leitor de códigos de barras, fazendo a máquina todo o trabalho 'pesado'. Nesse contexto, cabe à escola proporcionar aos alunos formas de ensino que favoreçam e oportunizem esse aprendizado condizente com o momento atual da sociedade, deixando um pouco de lado a importância dada às habilidades de cálculo, à memorização de fórmulas e regras.

É óbvio que as habilidades de cálculo, a memorização de fórmulas tem sua importância e não devem ser extintas das aulas de Matemática o que deve ficar claro é que a Matemática pode ser estudada e ensinada com o apoio de instrumentos como a calculadora e o computador aproximando o estudante da realidade. Portanto, cabe ao professor criar situações

que o instigue a investigar, conjecturar, fazer estimativas, buscar alternativas para melhorar a situação do ensino da Matemática, que não pode ser vista apenas como uma ciência descontextualizada, que venera a memorização de fórmulas, que não aguça o raciocínio dos estudantes.

O uso da calculadora em sala de aula permite criar situações onde os alunos desenvolvam estratégias de resolução, interpretação de resultados, percepção dos conceitos matemáticos aplicados nas situações vivenciadas, desenvolvendo também a pesquisa, a discussão de resultados, ou seja, o uso da calculadora oferece inúmeras contribuições importantes para o ensino e aprendizagem da Matemática.

O mundo atual exige da escola a formação de seres pensantes e atuantes, que sejam capazes de responder criticamente aos desafios que surgem no dia a dia com o avanço das tecnologias, centrando a capacidade de calcular não à aplicação de algoritmos, mas a habilidade de manuseio de instrumentos para tal fim. Concordando com D'Ambrósio (1986, p. 56), "Hoje, todo mundo deveria estar utilizando a calculadora, uma ferramenta importantíssima. Ao contrário do que muitos professores dizem, a calculadora não embota o raciocínio do aluno – todas as pesquisas feitas sobre aprendizagem demonstram isso."

Para o professor de Matemática é sempre um desafio trabalhar com a calculadora em sala de aula, ficando sempre uma interrogação: usar ou não usar? Alguns se deixam levar pelo tradicionalismo que impõe que as aulas de matemática devem ser permeadas de muito cálculo e trabalheira ou pela opinião de alguns colegas com esta linha de pensamento. Outros se preocupam com a aprendizagem do aluno achando que se usar a calculadora o mesmo se viciará e não desenvolverá seu raciocínio nem aptidões ao cálculo.

É absolutamente necessário que a criança ao final do 2º ciclo da educação básica (5º ano) conheça a tabuada e saiba efetuar manualmente as quatro operações com números inteiros, com frações ordinárias e com frações decimais, atingindo este objetivo, não deve o professor se opor ao uso de calculadoras. A calculadora se faz presente nas diversas atividades profissionais do dia a dia e, portanto, não devem os professores, negar aos estudantes a oportunidade de explorar o potencial dessa 'tecnologia', separando a Matemática escolar daquela presente no cotidiano das pessoas.

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa realizada com duas professoras de Matemática do ensino médio, no período de setembro a dezembro de 2014 e que teve por objetivo identificar as concepções manifestadas por estas sobre o uso de calculadoras em sala de aula.

BREVE HISTÓRICO SOBRE A CALCULADORA

As ideias iniciais de cálculo datam de milhares de anos atrás e, segundo a História da Matemática, os primeiros registros aritméticos começaram com a correspondência um a um, que confere a possibilidade de comparar, sem ter que recorrer à contagem abstrata. Conta também a História que foi através dos dedos das mãos que surgiu a contagem, a noção abstrata dos números e o sistema decimal. Porém, com o desenvolvimento do comércio entre os povos houve uma necessidade maior de agilizar os cálculos, surgindo então o ábaco, forma mais simples das máquinas calculadoras. Este dispositivo simples foi inventado para registrar números e efetuar operações aritméticas como: a adição, a subtração, a multiplicação e a divisão; e ainda utilizado na resolução de diversos problemas com frações e raízes quadradas.

Figura 01: Modelos de ábaco ("antigo" – à esquerda; "atual" – à direita)

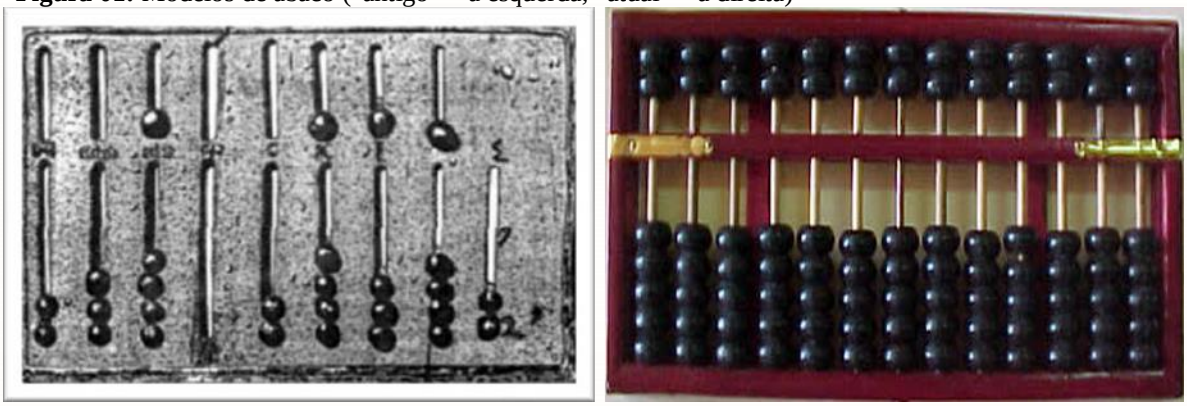


Imagem da Internet (www.google.com.br)

Além do ábaco, outros instrumentos facilitaram a vida de nossos antepassados, tais como: a Régua de Cálculo (inventada por Napier no século XVI); a Pascalina (inventada por Pascal em 1643); a Máquina de Calcular, de Leibnitz, (que apareceu em 1694); a Máquina de Diferenças, de Babbage (projetada por volta de 1830); o Tabulador, de Hollerith (confeccionado para o Censo Americano de 1890); e o Analisador Diferencial, de Bush (construído em 1929, sendo o antecessor do Computador Analógico).

As primeiras máquinas mecânicas de calcular foram inventadas há cerca de trezentos e cinquenta anos e as pequenas calculadoras eletrônicas de bolso surgiram há pouco mais de quarenta. Foram sendo aperfeiçoadas, diminuindo de tamanho e de preço sendo utilizadas no mundo todo, em praticamente todas as atividades profissionais, para evitar as tarefas demoradas, enfadonhas e repetitivas de certos cálculos. O uso deste instrumento foi ganhando

notoriedade em basicamente todas as atividades humanas e, com o aprimoramento dos diversos tipos de máquina, tornando possível a qualquer estudante obter uma calculadora digital a preços razoáveis.

Atualmente, podemos citar pelo menos três tipos básicos de calculadoras usuais no cotidiano das pessoas nas mais variadas atividades: a calculadora básica ou “do feirante”, a calculadora financeira e a calculadora científica. A calculadora básica ou “do feirante” apresenta-se com as quatro operações fundamentais (adição, subtração, multiplicação e divisão), raiz quadrada e porcentagem (%). É possível encontrá-la a preços bem populares (por menos de R$ 5, 00), sendo acessível a qualquer estudante, mesmo os de baixa renda, podendo estas ser utilizadas para diminuir o trabalho com as operações e facilitar a construção de conceitos como o de número fracionário e decimal, dízimas periódicas e cálculo de raízes por tentativas.

Figura 02: Modelo de Calculadora Básica



Imagem da Internet (www.google.com.br)

As calculadoras financeiras são bastante utilizadas nas transações comerciais, sendo seu uso mais frequente nas instituições bancárias ou financeiras, para o cálculo de juros de aplicações, pagamentos atrasados ou adiantados, descontos de títulos, financiamentos de moradia e automóveis, investimentos, valorização e desvalorização na compra de ações e moedas estrangeiras, capitalizações, entre outros.

Figura 03: Modelo de Calculadora Financeira

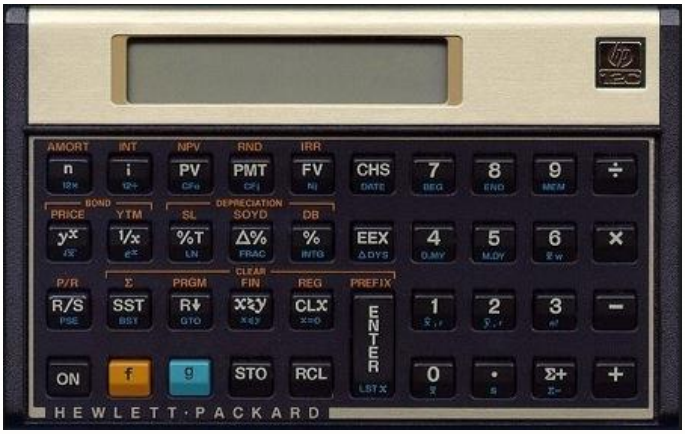


Imagem da Internet (www.google.com.br)

Por último (não esgotando todos os tipos), as calculadoras científicas, operam com números em notação científica, na forma fracionária, operando também em outras bases como a binária, o octal e a hexadecimal, operam com funções trigonométricas e suas inversas, fazem cálculos estatísticos, de logaritmos, etc. sendo seu preço também acessível a estudantes do ensino médio, podendo ser compradas por valores que variam entre R$ 10,00 a mais de R$ 250, 00, dependendo do modelo, da marca e do local da compra.

Figura 04: Modelo de Calculadora Científica

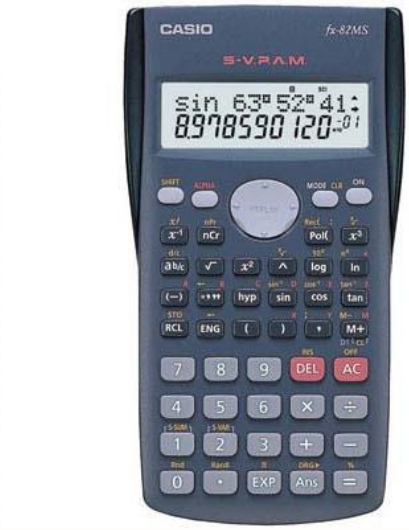


Imagem da Internet (www.google.com.br)

Utilizar qualquer um destes instrumentos em sala de aula se configura desafio ao professor o qual deverá ter planejamento com objetivos claros, devendo também estar preparado para tirar dúvidas dos alunos referentes ao manuseio da calculadora e admitir suas limitações, propondo-se a pesquisar quando não souber fazê-lo, pois a própria calculadora é um instrumento que instiga questões que podem ser discutidas e aproveitadas em sala de aula.

A maioria dos livros didáticos não traz situações que preveem o uso da calculadora, sendo mais um desafio para o professor, estudo e preparação prévia de problemas, de preferência contextualizados ao dia a dia dos alunos.

A CALCULADORA NA SALA DE AULA

Diversos estudos têm tratado sobre o uso da calculadora nas aulas de Matemática e da sua importância no desenvolvimento do raciocínio lógico dos estudantes (MOCROSKY, 1997; OLIVEIRA, 1999; RUBIO, 2003; MEDEIROS, 2003; FEDALTO, 2006; ALBERGARIA & PONTE, 2008; MERCÊ, 2008; GUINTHER, 2009; RUTHVEN, 2009; SELVA & BORBA, 2010). Todos estes estudos apresentam uma preocupação: quando e como a calculadora será um instrumento de construção do conhecimento, versando entre os conteúdos matemáticos e suas relações ou apenas uma ferramenta de efetuar cálculos. De acordo com Sousa (2007, p. 2 e 3)

> [...] a escola deve adaptar-se à vida atual, modernizar-se e adequar seus alunos à sociedade em que vivem, na qual vão lutar pela vida. [...] o uso das máquinas, libera o aluno de longos, enfadonhos e desnecessárias tarefas, deixa-o com mais tempo para aprimorar sua capacidade de raciocinar e desenvolver-se mentalmente.

O receio de alguns professores de Matemática quanto ao uso da calculadora em sala de aula é que os estudantes fiquem dependentes desta ferramenta, que haja acomodação mental, inibição da aprendizagem, além do mais (segundo eles); as calculadoras não são usadas em concursos e vestibulares. Este receio demonstra, de certa forma, o despreparo e a falta de atualização dos professores, pois sabemos que atualmente os concursos e vestibulares trazem situações que avaliam competências ligadas a argumentação, conceitos e propriedades e não especificamente ao cálculo.

Levando em consideração este receio, se faz necessário que os professores percebam que não é o fato do uso da calculadora em si que causará prejuízo aos estudantes, mas a forma como esta será utilizada. Portanto, é necessário que os estudantes aprendam a usá-la de forma crítica, analisando os resultados que a calculadora vai fornecendo, fomentando o registro dos passos intermediários do desenvolvimento das estratégias, para que possam analisar possíveis alterações a serem feitas em seus procedimentos de resolução.

O uso da calculadora na sala de aula como ferramenta de ensino pode auxiliar na construção de conceitos favorecendo o desenvolvimento de habilidades para enfrentar novas

situações. Conforme Medeiros (2000, p. 22) utilizando a calculadora "os alunos podem ficar atentos ao processo de resolução de problemas, ao invés de se preocupar com cálculos longos e repetitivos". Pela rapidez dos cálculos e economia de tempo que proporciona, a calculadora permite aos indivíduos dedicarem maior atenção às relações entre as variáveis dos problemas a serem resolvidos, investigando, descobrindo padrões e aprofundando nos conteúdos de forma a construir seus próprios conhecimentos. Os números estão presentes no cotidiano de todos, seja, em descontos comerciais, correções de uma prestação e de tantas outras formas, então não é correto que um indivíduo, em seu meio, não saiba operar determinados instrumentos ficando excluído da sociedade em que vive.

Com as inovações, particularmente com o surgimento da calculadora, as aulas de matemática passaram a ser encaradas de forma diferente daquelas tradicionais onde se dava muita ênfase aos mecanismos de cálculo ao invés de ressaltar o significado deles. Para os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998, p. 45) o cálculo escrito deve "conviver com outras modalidades de cálculo, como o cálculo mental, as estimativas e o cálculo produzido pelas calculadoras".

Utilizar a calculadora em sala de aula para o desenvolvimento de atividades, além de colocar os estudantes em contato com um recurso tecnológico simples, oferece um melhor aproveitamento do tempo, proporciona segurança, torna desafiador e menos cansativo o processo de resolução de problemas. Quando se decide usar a calculadora em sala de aula, opta-se por um caminho de ensinar Matemática que não está voltado para as habilidades de cálculo, de resolução de operações básicas, mas sim para o desenvolvimento do raciocínio, de habilidades de estimativas, onde ela será o instrumento mediador.

Smole e Diniz (2004, p. 21) destacam que "a utilização da calculadora humaniza [...] e permite aos alunos ganharem mais confiança para trabalhar com problemas e buscar novas experiências de aprendizagem". O uso da calculadora na sala de aula como ferramenta de ensino pode auxiliar na construção de conceitos favorecendo o desenvolvimento de habilidades para enfrentar novas situações, pois, pela economia de tempo que proporciona, permite aos estudantes dedicarem maior atenção às relações entre as variáveis dos problemas que têm pela frente, investigando, descobrindo padrões e sistematizando os conteúdos de forma a construir seus próprios conhecimentos.

O tempo pedagógico de sala de aula é um tempo curto e deve ser aproveitado da melhor maneira possível. Este tempo torna-se menor ainda nas aulas de matemática, quando os alunos são levados a resolver problemas com cálculos longos utilizando lápis e papel. A calculadora está presente no dia a dia do aluno e devemos aproveitar este instrumento para

otimizar o tempo em sala de aula reduzindo os processos demorados, repetitivos e enfadonhos de alguns cálculos.

> O uso da calculadora em sala de aula, além de ser indicado pelos PCN como uma iniciativa das novas tecnologias, ela é uma questão de razão social, pois a escola não pode se distanciar da vida do aluno sendo que, na sociedade, existe o uso impregnado da calculadora; outra razão é a pedagógica, pois, usando a calculadora para efetuar os cálculos, o aluno terá mais tempo livre para raciocinar, criar e resolver problemas. (DANTE, 2005, p. 12)

A calculadora é uma tecnologia ao alcance de todos. É uma ferramenta que agiliza a operação de cálculos matemáticos, tanto na escola, quanto no dia a dia das pessoas, tornando-se essencial em diversas profissões. E por que ainda há uma resistência por parte dos professores de Matemática em utilizá-la na sala de aula? Os professores precisam repensar suas práticas, ainda arraigadas às práticas tradicionais de ensino onde se gasta muito tempo com mecanismos de cálculos excessivos ao invés de ressaltar o significado destes cálculos.

Neste sentido, Bigode (2000, p. 18) defende,

> (...) Cabe ao professor explorar por si as calculadoras e as atividades a elas associadas, propondo aos alunos situações didáticas que os preparem verdadeiramente para enfrentar problemas reais. Preparar os alunos para enfrentar desafios cada vez mais complexos é obrigação do educador. Temos que ter os olhos no futuro para agir melhor sobre o presente. E nesse presente não há mais lugar para adestrar alunos a resolverem problemas ou executarem técnicas obsoletas.

Assim, a escola também deve se responsabilizar por levar o aluno à familiarização e à exploração desse recurso tecnológico, tão presente na sociedade moderna. Ainda, segundo este mesmo autor,

> (...) O uso sensato das calculadoras contribui para a formação de indivíduos aptos a intervirem numa sociedade em que a tecnologia ocupa um espaço cada vez maior. Nesse cenário ganham espaço indivíduos com formação para a diversidade, preparados para investigar problemas novos, com capacidade para codificar e decodificar, se comunicar, tomar decisões, aprender por si. Todos esses atributos são necessários para a formação do homem de hoje, não importando se ele é marceneiro, metalúrgico, bancário ou empresário. Calculadoras e computadores são as ferramentas de nosso tempo vamos usá-las e dominá-las. (BIGODE, 2000, p. 19)

Com a calculadora é possível trabalhar com situações problema que envolvam valores da vida cotidiana, cujos cálculos são mais complexos, como os preços dos bens de consumo, os juros por atraso em uma prestação, a área da casa. No caso das estimativas e do cálculo mental a calculadora pode ser usada para verificar rapidamente se o raciocínio está correto, pois se numa atividade deste tipo o aluno tiver que parar para verificar o resultado, fazendo

contas no papel, o exercício perde o sentido, tornando-se demorado, cansativo e o aluno perde o interesse em realizá-lo.

O uso da calculadora nas aulas de Matemática do Ensino Médio pode levar o aluno a 'absorver' o conhecimento matemático de forma contextualizada, integrada ao cotidiano e relacionada a outros conhecimentos; potencializando o desenvolvimento de competências e habilidades que são essencialmente necessárias ao seu convívio fora da escola, depois de concluída esta etapa da educação básica.

REFLEXÕES SOBRE O PAPEL DO PROFESSOR E SUAS CONCEPÇÕES[2]

Quase todas, senão todas, as ações que realizamos em sala de aula são frutos daquilo em que acreditamos e defendemos como correto, ou seja, estas ações são determinadas (PONTE, 1994b) pelas nossas crenças e concepções, assim, conforme referido em Ponte (1992, p. 10), "existe uma relação interativa entre as concepções e as práticas". Portanto, cada um de nós, professores, temos nossas concepções sobre a Matemática, sobre o ensino, sobre a aprendizagem, sobre a avaliação, sobre a ciência. Tais concepções, "mesmo que nem sempre conscientemente assumidas (porque implícitas), deverão, certamente, interferir no modo de ser, de estar e de atuar do professor" (TEIXEIRA, 2004, p. 09).

O estudo de Lederman e Zeidler (1987 *apud* Teixeira 2004) traz resultados que não apoiam a assunção prevalecente de que o comportamento do professor na sala de aula é diretamente influenciado pela sua concepção acerca da natureza da ciência, entretanto, em sentido contrário e ainda que em âmbito mais geral, Abreu (1997 *apud* Teixeira 2004) defende que as concepções e epistemologias dos professores, espontâneas ou teoricamente elaboradas, se repercutem no modo como eles ensinam e nos modos como os alunos aprendem.

Os resultados contraditórios (por não dizer contrários) dos estudos citados não excluem seus méritos, devendo-se considerar as circunstâncias das pesquisas, os sujeitos envolvidos e outros condicionantes, embora tenhamos encontrado mais estudos que confirmem os resultados do último e tomarmos estes como referência para o nosso trabalho.

O termo "concepção" é entendido de formas diferenciadas no seio da comunidade de educadores matemáticos e de difícil definição (MENEZES, 1995). Como já referido por Teixeira (2004), as concepções são quase sempre implícitas, ou seja, "não podem ser

[2] Este tópico traz um resumo do tópico de mesmo título da dissertação de Santana (2015).

reduzidas aos aspectos observáveis mais imediatos do comportamento e não se revelam facilmente – tanto para os outros quanto para nós mesmos" (PONTE, 1994a). Assim, neste trabalho, adotamos a definição de Ponte (1992, p. 01) considerando que as concepções,

> Actuam como uma espécie de filtro. Por um lado, são indispensáveis pois estruturam o sentido que damos às coisas. Por outro lado, actuam como elemento bloqueador em relação a novas realidades ou a certos problemas, limitando as nossas possibilidades de actuação e compreensão.

Neste sentido "os vários estudos sobre conhecimento e prática mostram que as crenças e concepções são importantes para compreender o que os professores fazem e por que o fazem" (PONTE & CHAPMAN, 2006, p. 477). Assim, ao utilizar três classificações para o termo "Professor", em uma delas Ponte (1994b, p. 09) refere que "ele é um actor cujas crenças e concepções determinam a forma como desempenha as suas tarefas — nem sempre de modo muito concordante com a visão dos teóricos da educação nem com a vontade das autoridades educativas".

Portanto, de forma consciente ou não, as concepções dos professores norteiam o seu trabalho pedagógico e influenciam as concepções do aluno acerca da ciência estudada. Muitas vezes estas concepções estão atreladas a crenças e valores que norteiam a vida social dos professores, orientando-os à ação. "Concepções são, portanto, suportes para a ação. Mantendo-se relativamente estáveis, as concepções criam em nós alguns hábitos, algumas formas de intervenção que julgamos seguras" (GARNICA, 2008, p. 499).

No campo da Matemática, as concepções se fazem presentes não apenas no cotidiano do professor, mas também dos alunos e de outras pessoas, que, mesmo não estudando Matemática, consideram-na: (i) uma disciplina extremamente difícil, que lida com objetos e teorias fortemente abstratas, quase sempre incompreensíveis; (ii) uma disciplina que privilegia aspectos mecânicos, inevitavelmente associados ao cálculo e, (iii) uma ciência para poucos, apenas para aquelas "pessoas com o seu quê de especial" (PONTE, 1994a).

Os professores de Matemática são os responsáveis pela organização das experiências de aprendizagem dos alunos e a condução deste processo os coloca num ponto importante, tornando-os capazes de influenciar as suas concepções. Desta forma, cabe ao professor nortear o processo de ensino e aprendizagem proporcionando aos alunos a possibilidade de modificação da forma como eles próprios veem a Matemática e o modo como se aprende Matemática. No entanto, esta não é uma tarefa fácil, porque o próprio professor resiste em modificar suas concepções.

Relativamente ao uso da calculadora em sala de aula, diversos estudos apontam para concepções de ensinar e aprender arraigadas a posturas tradicionais, não favorecendo a autonomia dos alunos nem o uso de tecnologias essenciais ao seu convívio em sociedade, considerando que usar a calculadora faz com que os alunos desaprendam fazer cálculos manuscritos, tornem-se dependentes da máquina, calculem mecanicamente.

METODOLOGIA

Este estudo constitui uma pesquisa de natureza qualitativa, na qual "Seu raciocínio se baseia principalmente na percepção e na compreensão humana" (STAKE, 2011, p. 21), e "tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. [...] supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, via de regra através do trabalho intensivo de campo" (LUDKE, 1986, p. 11). A referida pesquisa foi desenvolvida no período de setembro a dezembro de 2014 com duas professoras de Matemática do Ensino Médio, sendo uma da rede pública de ensino do estado de Pernambuco (da cidade de Afogados da Ingazeira – PE) e a outra da rede pública de ensino do estado da Paraíba (da cidade de Monteiro – PB).

Tomamos por sujeitos estas duas professoras porque, neste mesmo período, ambas participavam de outras pesquisas sobre o uso da calculadora nas aulas de Matemática, desenvolvidas por este pesquisador, nas quais seus alunos também eram sujeitos. A primeira, participava da pesquisa de Mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, (SANTANA, 2105); e a segunda, participava de uma pesquisa desenvolvida também por este autor, no âmbito do Programa Observatório da Educação, da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) através do Projeto de Pesquisa "Investigando a Formulação e a Resolução de Problemas Matemáticos na Sala de Aula: explorando conexões entre Escola e Universidade", da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

Como instrumento de coleta de dados foi utilizada a entrevista semiestruturada, realizada com ambas as professoras, objetivando identificar as suas *concepções* sobre o uso da calculadora nas aulas de Matemática do Ensino Médio. Na primeira abordagem às professoras, convidando-as para participar do estudo, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE foi assinado por elas, bem como a escolha de um pseudônimo, garantindo assim o seu anonimato, preceito da ética na pesquisa. O TCLE assinado,

estabelecia a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos e possibilidade de o participante deixar de participar da mesma a qualquer momento, se assim o desejasse, conforme preceituam as diretrizes e normas estabelecidas pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP.

Os pseudônimos escolhidos pelas professoras e utilizados para as identificar no estudo, foram: *Ana* (a professora da rede estadual de Pernambuco) e; *Maria* (a professora da rede estadual da Paraíba). As entrevistas foram gravadas e transcritas, compondo evidências do estudo realizado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A professora Ana

Ana é Especialista em Matemática, professora com vínculo temporário com a rede estadual de ensino de Pernambuco, tem pouco mais de 6 anos de experiência docente e leciona outras disciplinas de áreas afins à Matemática, como: Química, Física e Ciências. Os resultados da entrevista sugerem que esta seja indiferente ao uso da calculadora na sala de aula. Quando questionada sobre a utilização da Calculadora na sala de aula, a mesma afirma ser,

> Nem contra, nem a favor! Assim..., em alguns momentos ela auxilia, só que nós temos níveis diferentes de alunos, então tem aquele aluno que ele realmente consegue fazer o cálculo e ele vai utilizar a calculadora para verificar o cálculo, só que, ao mesmo tempo, a gente tem aqueles alunos que não têm essa habilidade, agora uma habilidade básica de uma tabuada, então ele se segura na calculadora. Então, como também é um problema porque nos vestibulares é proibido utilizar, a gente precisa trabalhar com eles esse sentido de uma calculadora no sentido de verificar e não de resolver. Alguns utilizam praticamente pra tudo, por contas simples de uma potência, de uma raiz, pequenas, simples, eles não conseguem... é um vício! Eles estão num momento assim, de muita tecnologia, de muita modernidade e realmente, uma situação problema, uma expressão matemática, ela não é como um jogo, ela não tem cor, ela não tem movimento, então quanto mais eles puderem terminar rápido pra se deter ao que realmente dá prazer a eles, eles utilizam a calculadora, não como tirar uma dúvida, conferir, aí, no meu sentido, seria de um trabalho de conscientização antes mesmo de liberar, porque às vezes a gente não libera, mas a gente não tem "mil olhos" para vigiar, então sempre tem uma forma deles fazerem escondidos e a gente não queria isso, queria que eles tivessem autonomia de resolver. (Trecho da entrevista realizada com a professora Ana em 17/10/2014)

Os resultados sugerem ainda que a professora não se sente "preparada" para lidar com a calculadora na sala de aula e que a mesma demonstra possuir um perfil "tradicional" de professora de matemática, em se tratando do uso desta ferramenta, não favorecendo a autonomia dos alunos nem o uso de tecnologias essenciais ao seu convívio em sociedade.

Ana também alega o fato de as calculadoras não poderem ser utilizadas em vestibulares e ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) corroborando aquilo apontado por Mocrosky (1997, p. 169) de que "os professores não sabem conciliar a calculadora com os conteúdos programáticos e as exigências do Vestibular", o que pode tornar-se um entrave para a sua utilização nas salas de aulas de Matemática.

Quanto a esta questão, Selva e Borba (2010) salientam que a calculadora por si só não resolve problema algum se não for operada corretamente por quem a comanda e que a escola não deve ser "moldada" pelos vestibulares estes é que deveriam ser repensados à luz na nossa realidade atual. Cabe destacar ainda, que atualmente os concursos e vestibulares trazem situações que avaliam competências ligadas à argumentação, conceitos e propriedades e não especificamente ao cálculo.

A professora Maria

Maria é Especialista em Matemática, professora efetiva da rede estadual de ensino da Paraíba, tem 28 anos de experiência docente e sempre lecionou a disciplina de Matemática. Afirma sempre buscar se qualificar para melhorar o aspecto das suas aulas e para que os alunos efetivamente aprendam. Acredita que a calculadora pode ser utilizada nas aulas de Matemática desde que "de forma responsável", tornando as aulas de Matemática mais prazerosas e mais proveitosas para os alunos.

Sobre o uso da calculadora nas aulas de Matemática, ela defende,

> D' Ambrósio diz o seguinte: "A calculadora na visão dos docentes... eles têm um excessivo conservadorismo porque acham que ela atrapalha, que não desenvolve a memória". Quanto a mim, o trabalho que eu tive com a calculadora na sala de aula foi através de artigos relacionados à calculadora... eu trago os artigos e eles exploram em sala de aula o texto, então a visão é bem restrita, não só deles como também a minha, eu nunca trabalhei realmente a calculadora em sala de aula como a educação Matemática orienta. (Trecho da entrevista realizada com a professora Lopes em 30/09/2014)

A professora assume que tem apenas uma visão teórica sobre a utilização da calculadora em sala de aula e só permite que os alunos a utilizem quando as atividades propostas lidam com operações envolvendo números de maior ordem de grandeza ou números decimais, entretanto nunca proporcionou atividades que fossem direcionadas para a utilização desta ferramenta. Desta forma, a professora pode estar deixando de proporcionar aos alunos a possibilidade de manuseio de uma tecnologia simples e que é muito utilizada em seu cotidiano.

De acordo com *Maria*, os professores não estão preparados para lidar com a calculadora em sala de aula, reflexo da sua formação docente. Acredita que os egressos da Licenciatura em Matemática atuais talvez tenham uma visão mais ampla sobre este tema do que ela teve enquanto estudante de licenciatura.

Mesmo sem uma visão prática da utilização da calculadora em sala de aula, defende que sua utilização não atrapalha, mas que ajuda no desenvolvimento do aluno, desde que este saiba utilizá-la de forma consciente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apontam para concepções de ensinar e aprender ainda arraigadas a posturas tradicionais, não favorecendo o desenvolvimento da autonomia dos alunos nem o uso de tecnologias, como a calculadora, essenciais ao seu convívio em sociedade. A exemplo do que encontramos em Selva e Borba (2010) e em Fedalto (2006), mesmo apontando vantagens do uso da calculadora na sala de aula, as professoras pesquisadas praticamente não a utiliza com seus alunos. Mesmo com perfis bem distintos (uma mais “jovem”, em início de carreira, com formação recente; a outra, mais experiente tanto do ponto de vista pessoal quanto profissional, com formação mais antiga) não percebemos diferenças em relação às suas concepções quanto ao uso da calculadora em sala de aula: ambas não a utilizam, sob diversos argumentos. Este fato também contraria aquilo suposto pela professora *Maria* de que professores com uma formação mais recente teriam uma postura diferente perante as calculadoras em suas aulas.

Ambas a professoras mencionam aspectos “falhos” da sua formação, tanto a inicial quanto a continuada, que não favorecem o trabalho com esta ferramenta. Ao que parece, estes resultados sugerem que ainda há muito a ser feito e que as mudanças só ocorrerão nas salas de aulas se os professores as considerarem necessárias, deixando-os cientes de que isso vai exigir de cada um, mais planejamento, pesquisa, aperfeiçoamento, fazendo com que venham a

dedicar mais tempo para o planejamento de suas aulas. Cabe ainda considerar que talvez se faça necessário que os governantes, em suas esferas de governo, proporcionem formação continuada para os professores, principalmente quanto ao uso da calculadora e tecnologias, que são temas emergentes. Segundo D'Ambrósio (1986, p. 56), "[...] a calculadora não embota o raciocínio do aluno – todas as pesquisas feitas sobre aprendizagem demonstram isso", cabendo ao professor fazer apenas as intervenções necessárias porque, atualmente, o foco das discussões não é se a calculadora deve ou não ser utilizada, mas como utilizá-la de forma que contribua para o desenvolvimento dos alunos, ampliando a capacidade de estimativas, permitindo fazer novas abordagens numéricas, investigação de propriedades e manipulação de resultados.

Encerramos este estudo acreditando que o mesmo traz contribuições significativas, particularmente para a comunidade de educadores matemáticos, acerca das discussões sobre o uso da calculadora nas aulas de matemática e, de maneira particular, sobre as concepções de professores de matemática a respeito deste uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERGARIA, I.S.; PONTE, J.P. Cálculo mental e Calculadora. In: Tecnologias e educação matemática. Lisboa: SEM-SPCE. 2008. pp. 92-103.

BIGODE, A.J.L. **Matemática hoje é feita assim**. São Paulo: FTD, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria do Ensino Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática, 3º e 4º ciclos (5ª a 8ª séries)** – Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, 2006. 135 p. Volume 2.

D'AMBROSIO, U. **Da realidade à ação: reflexões sobre Educação e Matemática**. São Paulo: Summus: Unicamp, 1986.

DANTE, L.R. **Matemática: livro do professor**. 1ª Edição. São Paulo: Ática, 2005.

FEDALTO, D.L. O **Imprevisto Futuro das Calculadoras nas Aulas de Matemática no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado em Educação. Curitiba. 2006.

GARNICA, A.V.M. Um ensaio sobre as concepções de professores de Matemática: possibilidades metodológicas e um exercício de pesquisa. Educação e Pesquisa, São Paulo, 2008. Vol. 34, n.3, p. 495-510.

GUINTHER, A. **Uma experiência com calculadoras numa 6ª série do Ensino Fundamental**. Informação e Tecnologia, Campinas, jul. 2001. Disponível em: <http://www.revista.unicamp.br/infotec/artigos/ariovaldo.html>. Acesso em: 15 jul. 2009.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MEDEIROS, K. **A influência da calculadora na resolução de problemas matemáticos abertos**. 2000, In. Educação Matemática em Revista, n° 14, ano 10.

_____. A influência da Calculadora na resolução de problemas matemáticos abertos. Educação Matemática em Revista. SBEM – Ano 10 – no 14, 2003, p. 19-28.

MENEZES, L. Concepções e Práticas de Professores de Matemática: contributos para o estudo da pergunta. Universidade de Lisboa. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, 1995. (Dissertação de Mestrado)

MERCÊ, C.; PONTE, J.P. Concepções, práticas lectivas e reflexão dos professores de Matemática do 2o ciclo em relação à Calculadora. Revista Quadrante, Vol. XVIII, No 1 e 2, 2009.

MOCROSKY, L.F. Uso de Calculadoras em aulas de Matemática: o que os professores pensam. Rio Claro: UNESP, 1997. 119 p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, J.C.G. **A visão dos professores de Matemática do Estado do Paraná em relação ao uso de calculadoras nas aulas de Matemática**. Tese de doutorado. Campinas, SP. 1999.

PAQUES, O.T.W.; SOARES, M.Z.M.C.; SANTINHO, M.S. **Calculadoras como Instrumento na Resolução de Problemas**. Trabalho apresentado na Bienal da SBM – BH - 14 a 18 de outubro de 2002.

PONTE, J.P. (Ed.) Concepções dos Professores de Matemática e Processos de Formação. Educação matemática: Temas de investigação (pp. 185-239). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional. 1992.

_____. Mathematics Teachers' professional knowledge. Proceedings of PME XVIII (pp. I/195-210), Lisboa, Portugal. 1994a.

_____. O desenvolvimento profissional do professor de Matemática. Revista Educação e Matemática no 31, p. 9-13. 1994b.

_____. Estudos de caso em educação matemática. Bolema, 2006, No 25, pp. 105-132.

PONTE, J.P; CHAPMAN, O. Mathematics Teachers' Knowledge And Practices. In: A. Gutierrez & P. Boero (Eds.). Handbook of reaserch on the psychology of mathematics education: Past, present and future. (pp. 461-494) Roterdham: Sense, 2006.

RUBIO, J.A.S. Uso didático da Calculadora no ensino fundamental: possiblidades e desafios. Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2003,

137p. (Dissertação de Mestrado).

RUTHVEN, K. Towards a calculator-aware number curriculum. Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education. Vol. 8, 1, X-X, 2009.

SANTANA. J.E.B. **O Uso da Calculadora Científica na Resolução de Problemas Matemáticos nas Aulas de Matemática do Ensino Médio: investigando concepções e explorando potencialidades.** Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Campina Grande, 2015. 238p. (Dissertação de Mestrado).

SELVA, A.C.V.; BORBA, R.E.S.R. O uso da Calculadora nos anos iniciais do ensino fundamental. Belo Horizonte: Autêntica, 1 ed. 2010, 128 p. (Coleção Tendências em educação matemática).

SMOLE, K.S.; DINIZ, M.I. **Matemática Ensino Médio**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2004. V. 1.

SOUSA, A.F. **O Uso da Calculadora na Sala de Aula: o que os professores de matemática da 5ª série do ensino fundamental, pensam sobre isto?** IX Encontro Nacional de Educação Matemática – IX ENEM, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <www.sbem.com.br/files/ix_enem/Poster/.../PO02979361402.rtf>. Acesso em 06/06/2010.

STAKE, R.E. Pesquisa qualitativa: como as coisas funcionam. In: Coleção Métodos de Pesquisa. Pesquisa Qualitativa: estudando como as coisas funcionam. Editora: Penso, 2011. Disponível em: http://www.larpsi.com.br/media/mconnect_uploadfiles/x/d/xdw.pdf Data do acesso: 16/10/2014.

TEIXEIRA, J.T. **Mudanças de Concepções dos Professores.** Instituto Piaget, 2004. Horizontes Pedagógicos. Lisboa.

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO BIODIESEL DE ÁCIDOS GRAXOS DE BAIXA QUALIDADE UTILIZANDO PLANEJAMENTO FATORIAL E CATALISADOR $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$

Adriano Lima da Silva[1]

Joelda Dantas[2]

Ana Flávia Felix Farias[3]

Ana Cristina Figueiredo de Melo Costa[4]

RESUMO

Para otimizar as variáveis que influenciam o processo, um planejamento fatorial permite que se obtenha mais informações com um número menor de experimentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das variáveis: tempo, quantidade de catalisador e razão molar, utilizando o catalisador cerâmico Ni-Zn na esterificação de óleo residual e sebo bovino, por meio de um planejamento fatorial 2^3. Pelos resultados, o catalisador Ni-Zn se mostrou ativo em todas as reações promovendo conversões em biodiesel que variou de 75 a 96%, ficou comprovado que o planejamento experimental permitiu estudar a influência das variáveis na reação de esterificação que de acordo com a magnitude do efeito, a razão álcool/óleo na esterificação do óleo de fritura, seguida de interações secundárias entre as variáveis de entrada na esterificação do sebo bovino, foram as que mais afetaram os valores de resposta (a conversão em ésteres) do estudo estatístico com um grau de significância de 90%.

Palavras-chave: Planejamento fatorial, biodiesel, ácidos graxos, catalisador.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de combustíveis alternativos a partir de recursos renováveis tem recebido considerável atenção em todos os países, principalmente no Brasil devido à sua grande biodiversidade. O biodiesel, que é constituído por ésteres de ácidos graxos é um combustível considerado limpo, orgânico e renovável. É assim considerado por ser produzido através de fontes vegetais ou gordura animal, misturado com o metanol ou etanol, na presença de um catalisador (PARENTE 2004; SILVA *et al.*, 2017).

Várias espécies de oleaginosas, tais como macaúba, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras, possuem grande destaque na

[1]Mestre, Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – UFCG; adrianolimadasilva@hotmail.com;
[2] Doutora, Pesquisadora PNPD/CAPES – UFPB; joeldadantas@yahoo.com.br;
[3] Doutora, Pesquisadora PNPD/CAPES – UFCG; anafffr@hotmail.com;
[4] Doutora, Professora, Titular UAEMa-UFCG, Orientadora; ana.costa@ufcg.edu.br;

produção de biodiesel. Outra matéria-prima potencial para produção de biodiesel no país consiste os óleos/gorduras residuais e gordura animal, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial (MAYRINCK *et al.*, 2014). O sebo é um material residual de matadouros cujo principal destino é a indústria de sabão, mas quando este mercado está sobrecarregado, as gorduras são geralmente incineradas ou dispostas em aterro sanitário, que em ambos os casos, há um potente impacto ambiental poluente. Neste contexto, o uso de sebo bovino para produção de biodiesel no sul do Brasil ganhou especial interesse, pois permite o uso de materiais rejeitados de matadouros de gado. Assim, o uso integrado de resíduos industriais gerados em matadouros na produção de biodiesel pode evitar ou minimizar os impactos ambientais causados pela acumulação destes resíduos, permitindo novas alternativas de aplicações (SILVA *et al.*, 2015).

A produção de biodiesel utilizando o processo catalítico homogêneos, são usados catalisadores básicos (hidróxidos e alcóxidos) e catalisadores ácidos (ácidos inorgânicos). Na catálise homogênea, o catalisador encontra-se dissolvido no meio reacional, entretanto após síntese deve ser removido, e nesse processo de remoção através da lavagem do biodiesel é gerado um agente de poluição do meio ambiente, não sendo possível ser reutilizado. Contudo, no processo catalítico heterogêneos envolvendo catalisadores sólidos no meio reacional, o tipo ferritas magnéticas tem atraído atenção dos pesquisadores no âmbito atual, devido as suas propriedades e novas aplicações tecnológicas, especialmente quando o tamanho de partícula se aproxima da nanoescala, o que permite o controle de propriedades como característica magnética e anisotropia, além do que após síntese é possível ser removido e consequentemente reutilizado (SILVA *et al.*, 2019).

Durante o processo de produção do biodiesel por esterificação que é uma reação reversível e, portanto, convém utilizar excesso de álcool, para aumentar o rendimento mássico da reação, evitando que ocorra a formação de subprodutos que venham a prejudicar a qualidade do combustível produzido. Além da razão molar álcool/óleo, a reação é influenciada pelo tipo de álcool, tipo de catalisador, teor de catalisador, temperatura de reação, pressão, tempo de reação e pureza de reagentes. A otimização desses fatores é importante durante o processo de produção, a fim de maximizar o rendimento de biodiesel, minimizando os custos operacionais de produção. Estudos reportam o processo de otimização, aliado ao planejamento experimental utilizando metodologia de superfície de resposta com finalidade de determinar as condições

favoráveis de operação, visando uma maior conversão de ésteres de forma a favorecer uma elevada taxa em rendimento mássico da reação (PAULA *et al.*, 2017).

Nos processos de produção industrial existem vários fatores e níveis de regulagens, que influenciam as características de qualidade dos produtos e um problema comum encontrado pelas empresas ao realizar experimentos, é a necessidade de estudar simultaneamente o efeito desses fatores com diferentes níveis de regulagens. Neste caso, observa-se que o número de testes requeridos para a experimentação tende a crescer à medida que a quantidade de fatores aumenta. Isso torna os experimentos industriais inviáveis nas empresas, porque os custos e o tempo de execução são elevados (SHINGO, 1996). No entanto, experimentos industriais são realizados, buscando resolver os problemas críticos de produto ou processos de fabricação, com o intuito de reduzir o número de produtos com defeitos fabricados e responder a uma série de questões relacionadas aos níveis e parâmetros que influenciam o desempenho do produto final. E de acordo com NASCIMENTO *et al.*, 2009; DA SILVA e NETO, 2013, a solução desses problemas podem ser alcançada com mais facilidade quando os experimentos são planejados e as respostas analisadas com métodos ou técnicas estatísticas.

Nesse sentido, o modelo matemático proposto no presente estudo, leva em consideração a disponibilidade de matéria-prima oriunda de resíduos de elevada acidez, como o óleo residual de fritura e o sebo bovino; a utilização de um nanocatalisador magnético, que por sua vez apresenta vantagem como a fácil separação do meio reacional a partir de um ímã; e a produção de biodiesel, que é uma excelente alternativa ao combustível fóssil, pois é biodegradável por ser proveniente da biomassa, reduz consideravelmente as emissões dos gases de efeito estufa e que encontra-se em estágio avançado de produção a nível mundial (DANTAS, 2017)

Desta maneira, este trabalho teve como objetivo a otimização do processo de produção de biodiesel metílico a partir de ácidos graxos de baixa qualidade, por meio de um planejamento fatorial e metodologia de superfície de resposta, utilizando o nanocatalisador magnético Ni-Zn, e avaliando as variáveis: a razão molar óleo/álcool, quantidade de catalisador e tempo de reação. Com isto, espera-se contribuir com iniciativas para mitigação de danos ambientais e para discussões voltadas ao avanço do uso de biodiesel utilizando matérias-primas mais sustentáveis.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

Para a síntese do catalisador cerâmico $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ foram utilizados os reagentes químicos: nitrato de níquel hexa-hidratado - $Ni(NO_3)_2.6H_2O$ (99%), nitrato de zinco hexa-hidratado - $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ (98%), nitrato de ferro III nonohidratado - $Fe(NO_3)3.9H_2O$ (99%) e Ureia - $CO(NH_2)_2$ (98%). Nos testes catalíticos foram utilizados álcool metílico (99,8%), álcool etílico (99,5%), óleo de fritura residual, proveniente de um seguimento comercial local e sebo bovino oriundo de um matadouro da cidade de Natuba na Paraíba.

2.2 Métodos

2.2.1 Síntese do Catalisador Cerâmico $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$

A síntese do catalisador $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ foi realizada pelo método químico da reação de combustão, com o diferencial da escala piloto de produção. Na síntese os nitratos metálicos foram utilizados como reagentes oxidantes e ureia como combustível e agente redutor. A composição inicial da solução foi baseada na valência total dos reagentes oxidantes e redutores, utilizando conceitos da química dos propelentes e explosivos (JAIN, 1981), de forma que foi estabelecida a estequiometria da fase de interesse. A mistura redox (nitratos metálicos + combustível) foi submetida ao aquecimento direto em reatores cônicos projetados para síntese de combustão em escala piloto (COSTA E KIMINAMI, 2012).

O produto obtido da combustão foi posteriormente desaglomerado com auxílio de almofariz e passados em peneira com malha ABNT 325 mesh (44 μm), em seguida encaminhados para as devidas caracterizações por difração de raios X (DRX), utilizando um difratômetro de raios X BRUKER (modelo D2 PHASER, radiação Cu-Kα), operando com tubo de alvo de cobre a uma tensão de 30,0 kV e 10,0 mA de corrente, com detector de 55D160 e análise semi-quantitativa dos óxidos e elementos presentes nas amostras realizada por espectroscopia de fluorescência de raios-X por energia dispersiva, modelo EDX-720, da marca SHIMADZU.

2.2.2 Planejamento Fatorial para Produção de Biodiesel

A fim de se avaliar as variáveis que influenciam no processo de produção de biodiesel de óleo residual e de sebo bovino, foi utilizado o planejamento fatorial, em que as variáveis independentes adotadas foram: Porcentagem de catalisador, a razão molar álcool: óleo e tempo reacional, e como variável de resposta o teor dos ésteres metílicos/etílicos, assim como descrito na Tabela 1. A matriz do planejamento experimental foi o fatorial 2^3 com o ponto central em triplicata, resultando em 11 experimentos.

Tabela 1 – Variáveis independentes para o planejamento experimental.

Variáveis independentes	-1	0	+1
Catalisador (%)	1	2	3
Razão óleo/álcool	1/16	1/12	1/10
Tempo (min)	30	60	90

A ordem dos experimentos de acordo com o planejamento experimental escolhido está ilustrada na Tabela 2.

Tabela 2 – Ordem de experimentos de acordo com o planejamento experimental.

Exp.	Catalisador (%)	Razão óleo/álcool	Tempo (min)
1	(-)1	(-)1/16	(-)30
2	(+)3	(-)1/16	(-)30
3	(-)1	(+)1/10	(-)30
4	(+)3	(+)1/10	(-)30
5	(-)1	(-)1/16	(+)90
6	(+)3	(-)1/16	(+)90
7	(-)1	(+)1/10	(+)90
8	(+)3	(+)1/10	(+)90
9	(0)2	(0)1/12	(0)60
10	(0)2	(0)1/12	(0)60
11	(0)2	(0)1/12	(0)60

Os resultados foram apresentados e analisados por meio de curvas de Pareto e superfície de respostas, que são úteis para avaliar as interações entre esses tipos de

processos reacionais. Os resultados obtidos foram analisados através do programa computacional *Statistic* v.7.0.

2.2.3 Testes Catalíticos

Os testes foram conduzidos em um reator de aço inox, o qual encamisa um copo de borossilicato de volume útil de 80 mL, pressurizado, composto de um duto para entrada de termopar e acoplado a um manômetro. O aquecimento do sistema foi promovido por uma placa com agitação magnética.

O óleo de fritura foi previamente filtrado em papel filtro (f15,00±0,15 cm), o sebo bovino foi aquecido a 120ºC em um *becker* de 100 mL em uma placa de aquecimento para obter essa gordura animal no estado líquido, e assim ser filtrado usando um algodão comercial no funil a fim de separar materiais em suspensão. Em seguida aos tratamentos, o óleo residual e a gordura bovina foram utilizados em processo reacional para obtenção do biodiesel.

Os percentuais de biodiesel convertidos foram quantificados utilizando um cromatográfico a gás (Varian, 450c) com detector de ionização de chamas e coluna capilar de fase estacionária (Varian, Ultimetal 'Select Biodiesel Glycerides + RG' (15 m x 0,32 mm x 0,45 m). A temperatura inicial para a injeção foi de 100 °C, a do forno foi de 180 °C e o detector operou a 380 °C. O índice de acidez das matérias-primas foram verificados com base no método oficial da AOCS (Cd 3d-63) (Firestone, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do Catalisador $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$

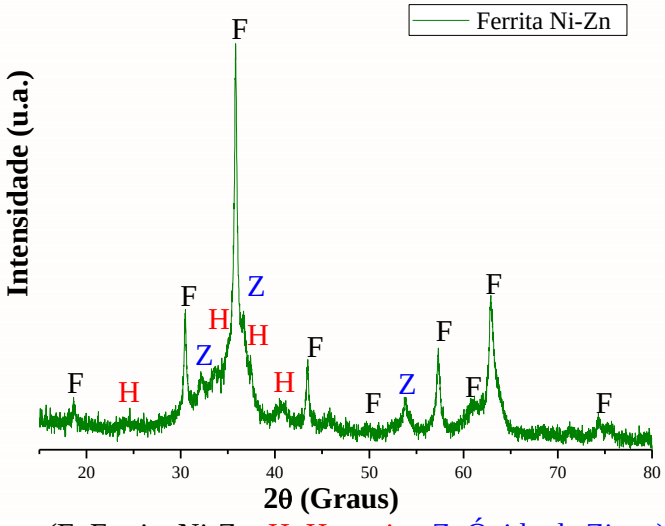
Durante a síntese do catalisador $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ foram avaliados parâmetros como o tempo de reação, temperatura máxima de reação e cor da chama de combustão. As sínteses foram realizadas em triplicata para garantir a reprodutibilidade do sistema estudado. Esses parâmetros se encontram reportados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros determinados durante as sínteses por reação de combustão.

Catalisador	$Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$
Cor da chama	Amarela
Temperatura de chama máxima (°C)	690,3 ± 53,41
Tempo total de reação (min)	43,00 ± 6,56

Os parâmetros medidos e observados caracterizam a síntese por reação de combustão como sendo um excelente método na obtenção do nanocatalisador magnético em estudo, principalmente devido à simplicidade operacional do método, pouco tempo para obter o produto final, bem como devido às temperaturas alcançadas que não excederam os 1000 °C, representando assim uma temperatura relativamente baixa, quando comparada às praticadas na utilização do método convencional de obtenção industrial desse tipo de material.

As características cristalinas da amostra de ferrita Ni-Zn obtida o difração de raios X estão ilustradas na Figura 1.



(F: Ferrita Ni-Zn; H: Hematita; Z: Óxido de Zinco)

Figura 1: Difratogramas de raios X para a ferrita Ni-Zn.

Foi possível observar a partir do difratograma (Fig. 1) a formação da fase do espinélio inverso $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ como fase majoritária de acordo com a ficha padrão JCPDF 52-0278, grupo espacial Fd3m, além de fases secundárias de ZnO, identificado mediante a ficha padrão JCPDF 36-1451 e também a fase hematita Fe_2O_3 identificada pela ficha padrão JCPDF 40-1139.

As fases secundárias formadas podem ser consequência da temperatura de chama de combustão (690,3 ºC) que pode não ter sido suficientes para formação de um produto monofásico ($Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$). Características essas que corroboram com os dados reportados por SILVA *et al.*, 2017 e SILVA *et al.*, 2019.

Na finalidade de assegurar a presença dos óxidos que compõem o sistema $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ no produto final obtido por combustão, foi realizada a análise química de Espectroscopia de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (EDX). A análise dos dados foi realizada em função do prévio conhecimento dos valores teóricos em porcentagem, referentes aos óxidos individuais que constituem a composição estequiométrica em mol do catalisador magnético $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$. Esses valores, bem como os valores experimentais determinados da análise semi-quantitativa dos óxidos constituídos do catalisador, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Percentuais de óxidos presentes teóricos e determinados por fluorescência de raios X (EDX) para NiO, ZnO e Fe_2O_3.

Óxidos	$Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$
NiO	E – 16,574 ± 0,126 T – 15,712 D – 0,862
ZnO	E – 15,280 ± 0,158 T – 17,113 D – -1,833
Fe_2O_3	E – 68,011 ± 0,379 T – 67,175 D – 0,836

*T – teórico, *E – experimental e *D – diferença do valor experimental em relação ao valor teórico.

De forma geral, frente aos resultados detectados e expressos na Tabela 4, verifica-se que os valores foram próximos aos valores teóricos calculados, considerando o fato dos reagentes utilizados conterem 2% de impurezas. As pequenas variações se deve principalmente ao balanço de massa estequiométrico feito entre os teores de óxidos contidos no catalisador, isto como consequência do comportamento dos gases gerados durante as sínteses de combustão, então as quantidades como um todo são balanceadas para atingir um total de 100%.

3.2 Avaliação do Desempenho Catalítico do Sistema $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$

A atividade catalítica da ferrita Ni-Zn foi examinada na reação de esterificação de óleo de fritura e sebo bovino, utilizando parâmetros iniciais de síntese que foram escolhidos com base na literatura abordada, os quais reportam condições ótimas de conversões em biodiesel. Os valores de índice de acidez verificados para as matérias-primas estudadas foram de 5,38 mg NaOH/g para o sebo bovino e 14,80 mg NaOH/g

para o óleo de fritura. Os parâmetros iniciais de síntese utilizados foram: temperatura de 180 ºC, razão molar óleo:álcool de 1:12, na presença de 2% de catalisador e tempo reacional de 1 hora. Dentro destas escolhas utilizadas, o catalisador foi testado em presença do etanol e metanol, visando identificar a melhor rota alcoólica para posteriormente lançar o planejamento experimental.

O desempenho catalítico na produção de biodiesel utilizando o sistema $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ como catalisador está ilustrado na Figura 2, onde verificou-se que a produção de biodiesel foi consideravelmente porcentagem de conversão em ésteres apreciável para os dois tipos de matérias-primas testadas, com um destaque maior quando utilizou-se o óleo residual de fritura e a rota alcoólica metílica, visto que esta promoveu um aumento de 14,29% em relação ao sebo bovino. Este fato pode ser justificado possivelmente pelo índice de acidez contido no óleo residual de fritura (14,80 mg NaOH/g), que favorece a reação de esterificação, pois há um pressuposto quanto a uma maior quantidade de ácidos graxos livres para reagir.

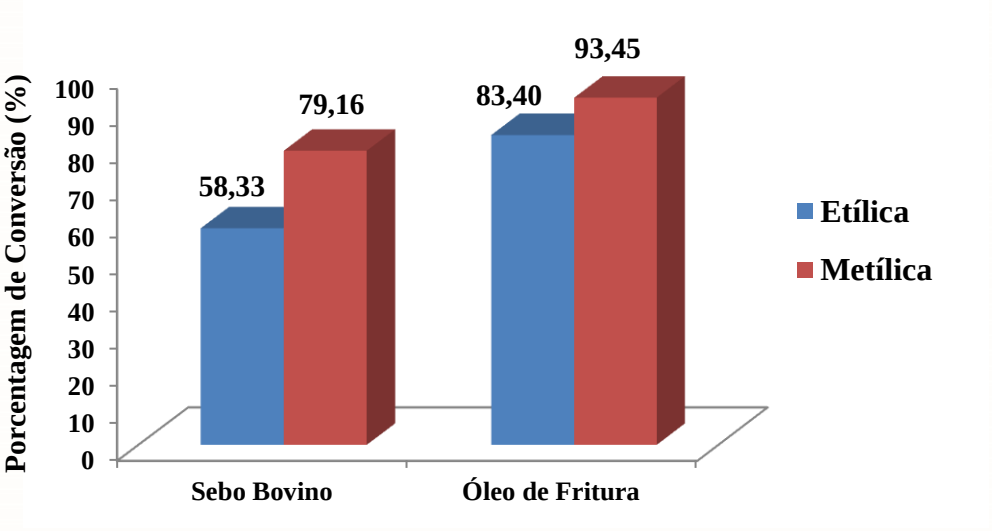


Figura 2: Porcentagem de produção de biodiesel com o catalisador Ni-Zn, frente às rotas etílica e metílica, utilizando sebo bovino e óleo de fritura.

Em segundo plano, pode-se atribuir esse maior destaque às conhecidas características de polaridade e de cadeia curtas inerentes ao álcool metílico, que favorecem elevadas conversões dos ácidos graxos em ésteres metílicos. Tal comportamento pode ser evidenciado na literatura especializada (SILVA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2019). Com relação às reações envolvendo o sebo bovino, a maior conversão foi semelhantemente observada quando utilizada a rota alcoólica metílica, visto que esta apresentou um aumento de cerca de 20% de conversão em biodiesel.

3.3 Análise dos Resultados do Planejamento Experimental

Após realização de testes exploratórios da eficácia da rota alcoólica (Fig. 2), ficando comprovada a efetividade da rota metílica utilizando sebo bovino e óleo de fritura, o estudo estatístico utilizando a matriz de planejamento fatorial 2^3 descrito na Tabela 2, foi realizado visando avaliar os efeitos das variáveis sobre a conversão em ésteres na reação de esterificação metílica e definir as melhores condições reacionais para promover maiores valores de conversão na produção de biodiesel de óleo de fritura e sebo bovino. Os resultados dos teores de ésteres obtidos por cromatografia gasosa estão listados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado do planejamento experimental para o sebo bovino e óleo de fritura.

Exp.	Quant. de catalisador (%)	Razão óleo/álcool	Tempo (min)	Óleo de Fritura Conversão (%)	Sebo Bovino Conversão (%)
1	(-)1	(-)1/16	(-)30	87,58	75,00
2	(+)3	(-)1/16	(-)30	95,22	96,87
3	(-)1	(+)1/10	(-)30	86,76	95,62
4	(+)3	(+)1/10	(-)30	76,93	96,87
5	(-)1	(-)1/16	(+)90	89,39	98,12
6	(+)3	(-)1/16	(+)90	95,04	95,00
7	(-)1	(+)1/10	(+)90	91,40	94,37
8	(+)3	(+)1/10	(+)90	86,07	81,25
9	(0)2	(0)1/12	(0)60	90,41	83,33
10	(0)2	(0)1/12	(0)60	94,27	95,62
11	(0)2	(0)1/12	(0)60	95,67	95,62

O planejamento experimental possibilitou verificar que as reações mais eficazes analogamente para as duas matérias primas estudadas com conversões entre 94 e 96%, foram os experimentos 2, 6, 10 e 11, em que os Exp. 10 e 11 foram realizados em condições de valores médios de quantidade de catalisador, tempo e razão molar óleo/álcool (ponto central do planejamento realizado em triplicata) e as quais indicam promover uma média de conversão em ésteres (95,3 ± 0,5 %) que estão de acordo com os valores obtidos nos exp. 2 e 6. Um indicativo de que as condições de temperatura (180 ^{o}C), tempo (1 h), razão molar: álcool: óleo (12:1), e 2% de catalisador em relação a massa do óleo, favorecem a maior porcentagem de esterificação das oleaginosas avaliadas.

Entretanto, no que diz respeito às reações do ponto central, cujas condições foram às mesmas, é possível observar uma discrepância de valores de conversão obtidos. Tal observação nos permite concluir que outros fatores alheios também podem influenciar na reação, por exemplo, a temperatura ambiente, que pode aumentar ou diminuir o tempo que o reator leva para atingir a temperatura da reação.

A reação que obteve menor conversão foi a do experimento 4 (conversão 76,93%) para o óleo de fritura e para o sebo bovino a do experimento 1 (conversão 75%), as quais o tempo reacional utilizado nesses experimentos foi o menor avaliado (30 min).

3.3.1 Biodiesel de óleo de fritura - Análise estatística das variáveis reacionais

As respostas do estudo estatístico realizado para a síntese de biodiesel de óleo de fritura foi avaliado a partir do gráfico de Pareto (Figura 3), o qual ilustra as variáveis independentes e suas respectivas interações.

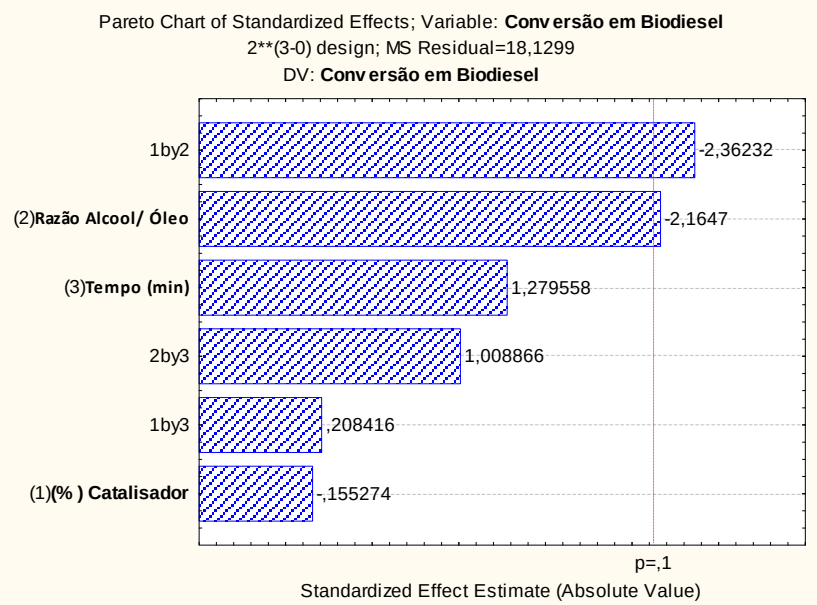


Figura 3: Gráfico de Pareto resultante do planejamento fatorial 2^3 para esterificação do óleo de fritura. **Fonte:** Programa *Statistic* v.7.0. 2019.

Analisando o gráfico de Pareto (Fig. 3) podemos inferir que a maior proporção de álcool/óleo avaliada favorece a reação de esterificação mantendo a constante de equilíbrio inalterada em temperatura constante, já que esta variável independente negativa (-1), foi a única que foi estatisticamente significativa a um nível de confiança

de 90% (Gan *et al.*, 2010), contribuindo para formação do produto (biodiesel) com maiores conversões.

As variáveis não podem ser consideradas de maneira isolada e deve-se analisar a interação entre elas. Logo, os efeitos de interação dos fatores: % de catalisador vs tempo (1by3) e razão molar álcool: óleo vs tempo (2by3) foram menores do que os de suas variáveis principais no rendimento da esterificação, por isso foram desconsiderados nas análises estatísticas subsequentes. Contudo, a resposta estatística quanto às interações entre as variáveis (1by2), ou seja, porcentagem de catalisador e razão molar álcool: óleo indica um maior favorecimento da reação em direção a maiores conversões em ésteres, com grau de confiança superior a 90%. Essa interação fica em maior evidencia quando analisamos as curvas de superfície de respostas para a combinação entre essas variáveis (Fig. 4).

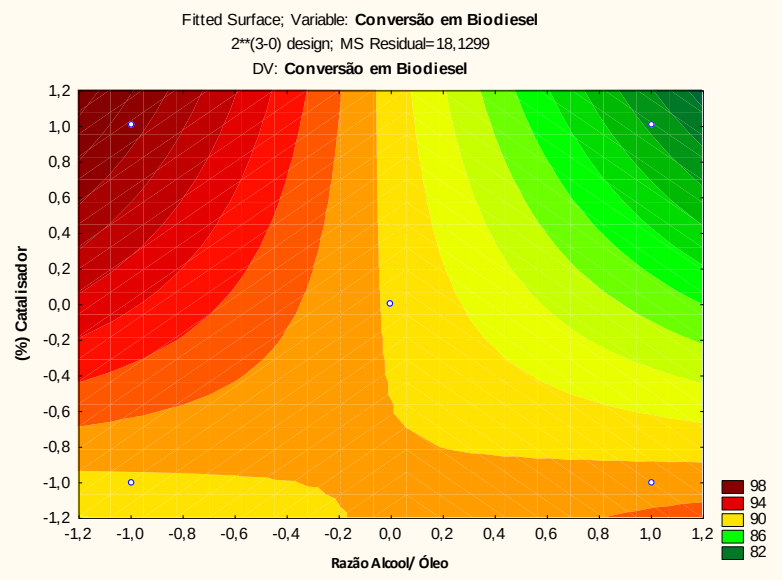


Figura 4: Curva de nível de resposta para a conversão do biodiesel em relação à % de catalisador e razão álcool/óleo. **Fonte:** Programa *Statistic* v.7.0. 2019.

A partir da análise da Figura 4, foi possível observar que para a menor proporção molar de álcool/óleo e maior porcentagem de catalisador, a conversão de biodiesel aumenta. Porém, esse comportamento inverte quando a maior porcentagem de catalisador é mantida e com o aumento da proporção molar de álcool/óleo, levando, portanto a uma redução dos valores de conversões em biodiesel. No entanto, o ponto central desse estudo indica a obtenção de conversões superiores a 90 %, estando de acordo com a análise dos dados realizada para a Tabela 5 e da Figura 3.

Na Figura 5, estão ilustradas as curvas de superfície de respostas para a combinação entre as variáveis independentes: razão molar álcool/óleo e tempo, onde é

possível observar que as maiores conversões foram obtidas quando utilizadas para as maiores proporções álcool/óleo (variável negativa -1) e os maiores tempos reacionais (variável positiva +1).

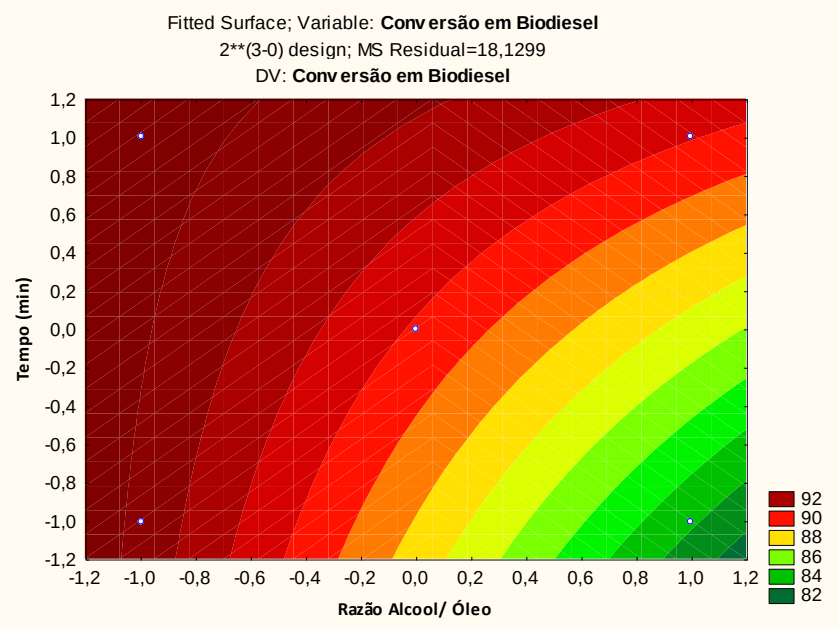


Figura 5: Curva de nível de resposta para a conversão do biodiesel em relação à razão álcool /óleo e tempo. **Fonte:** Programa *Statistic* v.7.0. 2019.

De acordo com o planejamento experimental realizado para a esterificação do óleo de fritura, o modelo matemático linear que melhor representa os dados coletados e analisados ajustando os dados da Tabela 5 é dada pela Equação (1) abaixo:

Z=89,885454545455-,23375*x-3,25875*y-,55625*x*y+,31375*0,*x+1,51875*0,*y+0, (1)

Na região investigada, a superfície de resposta é descrita satisfatoriamente pela Eq. (1), que define o plano representado em perspectiva nas Fig. 4 e 5.

3.3.2 Biodiesel de sebo bovino - Análise estatística das variáveis reacionais

O efeito das variáveis experimentais na produção de biodiesel a partir do sebo bovino foi avaliado a partir do gráfico de Pareto (Fig. 6). Neste caso podemos observar estatisticamente que nenhuma das três variáveis independentes apresentou significância a um nível de confiabilidade de 90%, e embora a interação entre as variáveis (1by2) tenha apresentado significância próxima aos 90 %, às interações entre as variáveis: quantidade de catalisador e tempo reacional (1by3) e razão molar álcool/óleo e tempo reacional (2by3) promoveram maior efetividade na atividade catalítica, apresentando

uma significância superior à confiabilidade de 90 % no processo de produção de biodiesel a partir do sebo bovino.

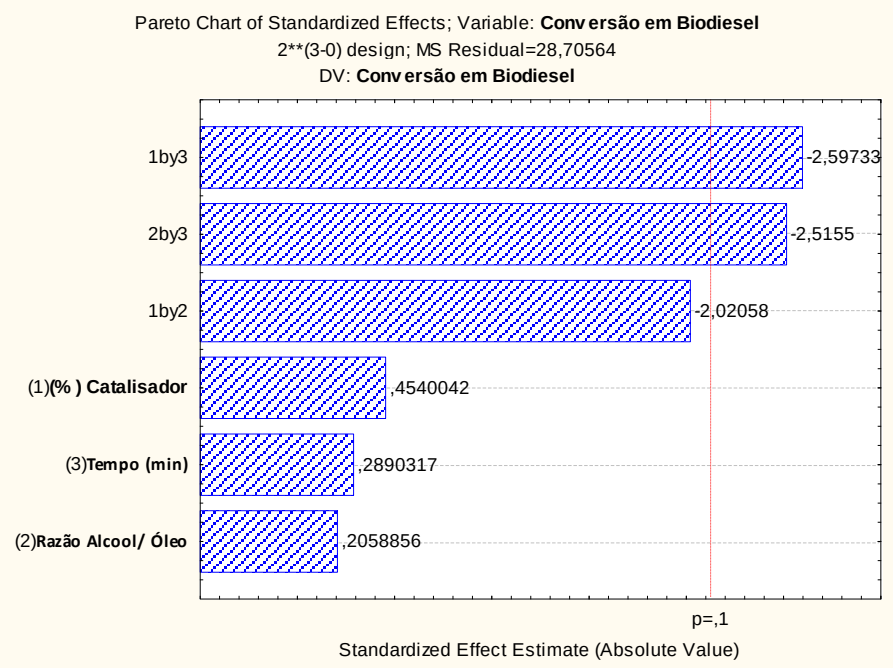


Figura 6: Gráfico de Pareto resultante do planejamento fatorial 2^3 para esterificação do sebo bovino. **Fonte:** Programa *Statistic* v.7.0. 2019.

Os efeitos das interações entre as variáveis independentes: % de catalisador, razão óleo/álcool e tempo, são melhores observadas através das curvas de superfície de respostas (Fig. 7 e 8). Estão ilustradas na Figura 7, as possíveis combinações entre as variáveis: razão molar álcool/óleo e o tempo (min).

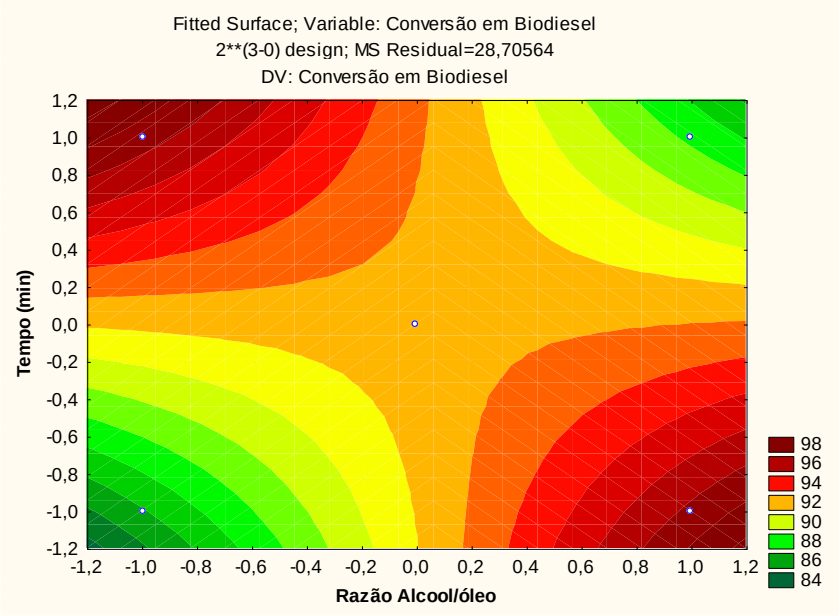


Figura 7 – Curva de nível de resposta para a conversão do biodiesel em relação à razão óleo/álcool e tempo. **Fonte:** Programa *Statistic* v.7.0. 2019.

De acordo com as curvas de superfície de respostas de interação (Fig. 7), as maiores conversões em biodiesel de sebo bovino foram obtidas quando utilizados na esterificação as variáveis razão óleo/álcool vs tempo de forma inversa, ou seja, quando utilizado a maior razão óleo/álcool (variável negativa -1) e o maior tempo reacional (variável positiva +1). E quando essas variáveis são invertidas, ou seja, variável positiva +1(menor razão óleo/álcool) com a variável negativa -1 (menor tempo) foi possível obter conversões superiores a média de 95 %.

A Figura 8 ilustra as curvas de superfície de respostas da interação entre a quantidade de catalisador (%) e a proporção molar álcool/óleo.

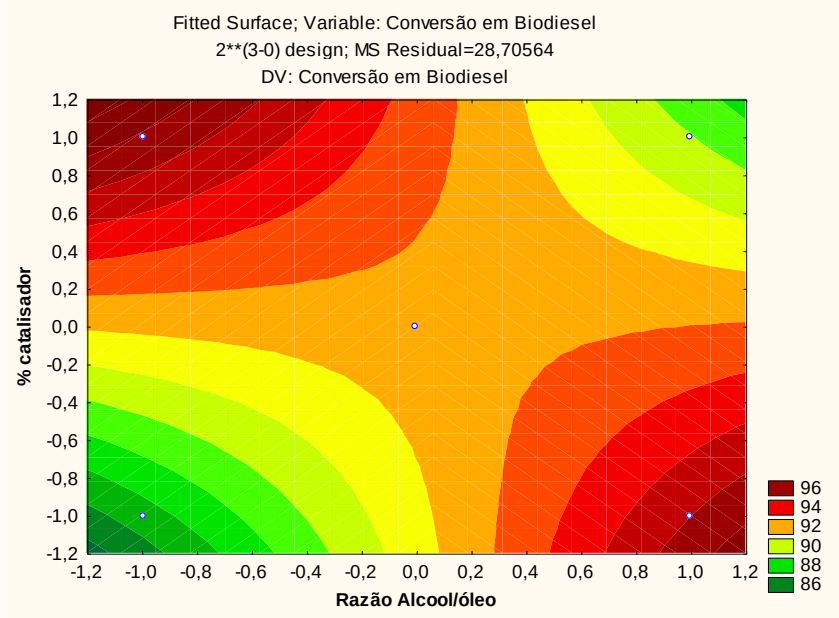


Figura 8: Curva de nível de resposta para a conversão do biodiesel em relação à % de catalisador e razão álcool/óleo. **Fonte:** Programa *Statistic* v.7.0. 2019

Observando a Figura 8, é possível verificar que as interações entre as variáveis avaliadas confirmando a resposta de do gráfico de Pareto (Fig. 6), porém, o efeito catalítico das variáveis observado foi idêntico ao percebido nas interações entre razão álcool/óleo e tempo (Fig. 7), ou seja, quando variável são inversas, causam efeito significativo na conversão em biodiesel na esterificação do sebo bovino. Pois as resposta possibilitaram perceber que quando utilizado uma maior quantidade de catalisador (variável positiva +1) e uma maior razão álcool/óleo (variável negativa -1) ou visse versa, resultam em maiores conversões em biodiesel a partir do sebo bovino.

Assim, verificou-se que a atividade catalítica da ferrita Ni-Zn na reação de esterificação do sebo bovino é mais influenciada pelas interações entre as variáveis

estudadas que seus efeitos independentes. Sendo o efeito dessas interações superior ao efeito da acidez do sebo bovino, pois mesmo possuindo menor acidez que o óleo de fritura, as conversões obtidas na esterificação do sebo bovino foram superiores as obtidas com o óleo residual, atingindo valores superiores ao limite mínimo (96 %) de conversão, estabelecido pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), em especial quando utilizado as condições reacionais: Temperatura (180 ^{o}C), tempo (30min), razão molar álcool:óleo (16:1), e 3% de catalisador.

De acordo com o planejamento experimental realizado para a esterificação do sebo bovino, o modelo matemático linear que melhor representa os dados coletados e analisados ajustando os dados da Tabela 5 é dada pela Equação 2 abaixo:

Z=91,606363636364+,39*x+,5475*y-3,8275*0,*x-4,92*0,*y-4,765*x*y+0, (2)

Na região investigada, a superfície de resposta é descrita satisfatoriamente pela Eq. (2), que define o plano representado em perspectiva nas Fig. 7 e 8.

A Figura 9 mostra uma comparação entre os valores preditos pelo modelo e os valores observados, em que é possível observar que os resíduos são pequenos, indicando que o sistema se adequou à modelagem matemática adotada.

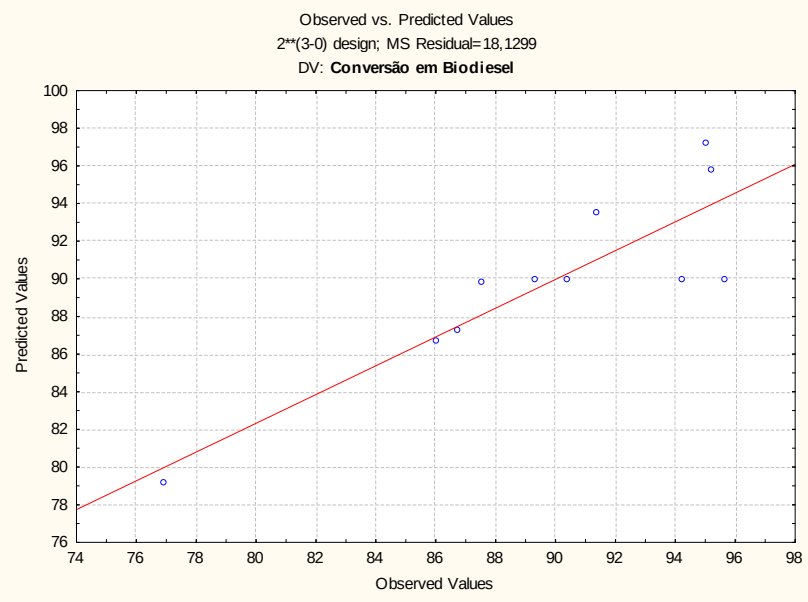


Figura 9: Gráfico dos valores observados versus os valores preditos pelo modelo.
Fonte: Programa *Statisct* 7.0. 2019.

Nas condições experimentais empregadas foram obtidas porcentagens de esterificação superiores a 86% (tanto na esterificação do óleo de fritura quanto para o sebo bovino), comprovando a eficiência desse processo para obtenção de biodiesel a

partir do óleo de fritura e sebo bovino. O planejamento fatorial das condições da esterificação permitiram a triagem das variáveis e a determinação dos valores das variáveis que conduzem à maior porcentagem de esterificação (biodiesel).

Devido à semelhança entre os gráficos dos valores observados versus os valores preditos para o sebo bovino e óleo de fritura, podemos considerar a mesma inferência já descrita neste trabalho para as duas matérias primas utilizadas, uma vez que por meio da caracterização dos produtos de esterificação ficaram perceptíveis os valores próximos (Tab. 5) para as variáveis de resposta (conversão em éster).

4. CONCLUSÕES

A síntese por reação de combustão foi eficiente na produção do Sistema $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$, com fases secundárias de óxido de zinco (ZnO) e hematita (Fe_2O_3);

A ferrita Ni-Zn quando aplicada como catalisador na reação de esterificação metílica foi ativa, apresentando conversão em ésteres acima de 94 % para o óleo de fritura e para o sebo bovino essa conversão em ésteres foi superior a 96 %;

O planejamento fatorial permitiu estudar a influência das variáveis na reação de esterificação que de acordo com a magnitude do efeito, a razão álcool/óleo na esterificação do óleo de fritura, seguida de interações secundárias entre as variáveis de entrada na esterificação do sebo bovino, foram as que mais afetaram os valores de resposta (a conversão em ésteres) do estudo estatístico. A tendência do efeito das variáveis independentes foi, em alguns casos, alterada ou mesmo invertida, quando se consideram as interações de acordo com a influência sobre o rendimento da reação de esterificação, com um grau de significância de 90%;

A utilização do planejamento fatorial possibilitou avaliar o sistema de maneira multivariada levando identificação das variáveis que influenciaram significativamente o sistema experimental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem UFCG/UAEMa, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

A.L. Silva, J. Dantas, E. Vasconcelos, I. Albuquerque, A.C. Costa, Ferroespinélio como catalisador na esterificação de materiais graxos de baixa qualidade para produção de biodiesel, **Revista Eletrônica de Materiais e Processos** 12(3) (2017).

BARKER, T.B. (1985). *Quality by experimental design*. New York, Marcel

C.D. Paula, F.J.S. Barros, L.M. Correia, R.S. Vieira, Avaliação de catalisador a base de conchas de ostras para a produção de biodiesel utilizando planejamento fatorial, **HOLOS** 1 (2017) 316-324.

CALLISTER, Willian D., 1940. *Ciência e engenharia de materiais*; tradução Sergio Murilo Stamile Soares; revisão técnica José Roberto Moraes de Almeida. Rio de Janeiro; LTC, 2012.

COSTA, A. C. F. M.; TORTELLA, E.; MORELLI, M. R.; KIMINAMI, R. H. G. A. Combustion Synthesis: Effect of Urea on the Reaction and Characterization of Ni-Zn Ferrite Powders. **Journal of Materials Synthesis and Processing.** v. 9, n. 6, p. 347- 352, 2002.

COSTA, N. P. R.; ROSSI, L.F.S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. In: Revista **Química Nova**, Curitiba - PR, v. 23, n. 4, p.531- 537, 2000.

D. Firestone, Official methods and recommended practices of the american oil chemists' society (Method AOCS Cd 3d–63), IL: **American Oil Chemists'** Society Champaign (1999).

DA SILVA, T. A. R.; NETO, W. B. Estudo da redução da acidez do óleo residual para a produção de biodiesel utilizando planejamento fatorial fracionado. **Revista Virtual de Química,** v. 5, n. 5, p. 828-839, 2013. ISSN 1984-6835.

DANTAS, J.; SILVA, F. N.; OLIVEIRA, P. K. R.; SILVA, A. S.; COSTA, A. C. F. M. Evaluation of the processing conditions in the transesterification for biodiesel production using the nanomagnetic catalyst Ni0.5Zn0.5Fe2O4. **Materials Science Forum**, v. 820, p. 113–118, 2015.

JAIN, S.; ADIGA, K.; VERNEKER, V. P. A new approach to thermochemical calculations of condensed fuel-oxidizer mixtures. **Combustion and flame,** v. 40, p. 71-79, 1981. ISSN 0010-2180.

GAN, S. et al. Ferric sulphate catalysed esterification of free fatty acids in waste cooking oil. **Bioresource technology,** v. 101, n. 19, p. 7338-7343, 2010. ISSN 0960-8524.

MAYRINCK, C. et al. Synthesis, Properties and Applications of Nanostructured Zinc Oxide. **Rev. Virtual Quim,** v. 6, n. 5, p. 1185-1204, 2014.

PARENTE,E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado, Fortaleza, 2004.

NASCIMENTO, U. M. et al. Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de coco babaçu com aquecimento por microondas. **Eclética Química,** v. 34, n. 4, p. 37-48, 2009. ISSN 0100-4670.

SILVA, A. A. L. et al. Síntese e Caracterização de Biodiesel de Sebo Bovino e de sua Mistura B10. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry,** v. 7, n. 1, p. 21-27, 2015. ISSN 1984-6428.

SILVA, A.; FARIAS, A.; COSTA, A. Evaluation of thermal treatment on magnetic catalyst $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ and its catalytic activity in biodiesel production by simultaneous transesterification and esterification of frying oil. **Cerâmica,** v. 65, n. 373, p. 13-27, 2019. ISSN 0366-6913.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção**. Bookman Editora, 1996. ISBN 8577800997.

OXIDAÇÃO DE SULFETOS: UMA ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR OS PROBLEMAS COMUNS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO QUE UTILIZAM REATORES UASB

Rodrigo de Andrade Barbosa [1]
José Tavares de Sousa [2]
George Rodrigues Lambais [3]
Salomão de Sousa Medeiros [4]
Mateus Cunha Mayer[5]

RESUMO

No tratamento de esgoto sanitário em reatores UASB ocorre a digestão anaeróbia, dentre os vários processos que a compõe, a sulfetogênese ocasiona a produção de sulfetos, que resulta em vários problemas, como: emanação de odores, corrosão, toxicidade e diminuição da concentração de metano no biogás. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar alternativas de oxidar os sulfetos, reduzindo a concentração no efluente e no biogás de reatores UASB em plantas de tratamento de esgoto sanitário. Foram estudados 3 reatores, dois microaeróbios e um reator UASB com adição de nitrato ao afluente. Ao se analisar os resultados do monitoramento dos reatores, identificou-se que os reatores UASB submetidos a ambiente microaeróbio tiveram eficiências de remoção de sulfeto superiores a 90%. E uma produção de enxofre elementar de aproximadamente 28% em relação ao enxofre total afluente. O reator UASB com adição de nitrato apresentou eficiência de 98% na remoção de sulfetos, com concentração média de 0,2 ± 0,06 mg $S\text{-}S^{2-}$. L^{-1}.

Palavras-chave: Remoção de sulfetos, Microaeração, Tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

A utilização de reatores anaeróbios no tratamento de esgotos, onde normalmente encontra-se concentrações de sulfato entre 20 e 50 mg/L, proporcionando condições favoráveis à ação das bactérias redutoras de sulfato que irão utilizar o oxigênio como aceptor final de elétrons, obtendo energia para oxidar matéria orgânica e gerar subprodutos de enxofre na forma reduzida, que são tóxicos, corrosivos e causam maus odores (METCALF & EDDY, 2003). Este processo é denominado como sulfetogênese e compete com a metanogênese, influenciando na eficiência do processo de digestão, diminuindo a produção de metano e

[1] Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, rodrigo.barbosa@insa.gov.br;
[2] Professor da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, sousajf@cct.uepb.edu.br;
[3] Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, george.lambais@insa.gov.br;
[4] Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, salomao.mederios@insa.gov.br;
[5]Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, mateus.mayer@insa.gov.br;

aumentando a concentração de matéria orgânica no efluente do tratamento (VISSER et al., 1996).

O principal subproduto da sulfetogênese é o sulfeto de hidrogênio, também conhecido como gás sulfídrico, extremamente tóxico, tanto para os microrganismos quanto para os seres humanos, pode estimular a formação de ácido sulfúrico, podendo corroer as tubulações ou o próprio reator sendo ele feito em concreto ou em aço, além de produzir um odor desagradável, que é perceptível em concentrações mínimas, causando desconforto nas às áreas circunvizinhas as estações de tratamento de esgoto. A exposição a esse gás pode afetar a saúde das pessoas, principalmente daquelas que se expõem mais frequentemente, como é o caso dos operadores das ETEs. No anexo XI da NR 15 (115.000-8) estabelece que para jornadas semanais de até 48 horas, é permitido a concentração de até 8 ppm de gás sulfídrico em locais de trabalho. Existem inúmeros processos para a remoção de sulfetos, eles envolvem injeção direta de ar, precipitação química e oxidação. Os requisitos de energia relativamente elevada ou os elevados custos químicos e de tratamento de lodos, constituem inconvenientes importantes destes métodos. Nos processos que envolvem oxidação de sulfetos, como aeração, cloração, ozonização, permanganato de potássio e peróxido de hidrogénio, além de enxofre elementar, o tiossulfato de sódio ($S_2O_3^{2-}$) e sulfato (SO_4^{2-}) também podem serem formados como produtos finais. (JASSEN et al., 1999). Desta forma, os sulfetos gerados no tratamento anaeróbio de esgoto sanitário devem ser removidos, preferencialmente através de um sistema que remova sulfato e sulfeto, simultaneamente, obtendo no efluente final enxofre elementar que pode ser recuperado e reutilizado na agricultura ou na indústria. Segundo Buisman et al. (1990), o sulfeto de hidrogênio e o dióxido de enxofre são convertidos a enxofre elementar através do ciclo biológico do enxofre, desde que seja submetido a baixa concentração de oxigênio. Então menos de 10% dos sulfetos (em concentração maior que 10 mg/L) são convertidos a sulfato, com maior parte convertida a enxofre elementar.

Contudo, Segundo Rocha et al. (2009), os reatores UASB se tornaram uma alternativa muito vantajosa para o tratamento de despejos líquidos no Brasil, pois o clima é um fator condicionante, além de possuir baixos custos de instalação e operação. Estas grandes vantagens em utilizar processos anaeróbios para tratamento de águas residuárias, em alguns casos inibe a preocupação com o potencial de geração de odores e gases corrosivos e suas consequenciais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a oxidação de sulfetos em reatores UASB, produzindo enxofre elementar no final do processo de tratamento, utilizando técnicas como a microaeração e desnitrificação. Este enxofre é potencialmente valioso, e pode ser

recuperado para posterior reutilização na produção de ácido sulfúrico, fertilizantes ou ser aplicado em processos de biolixiviação (JASSEN et al., 1994).

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES), pertencente à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) cedida a UEPB/UFCG/INSA para utilização na realização de pesquisas, localizada em Campina Grande-PB. O esgoto sanitário do setor leste da cidade é transportado por um emissário, um trecho deste passa no interior da EXTRABES, onde existe um poço úmido conectado ao mesmo, o esgoto sanitário é acumulado, posteriormente, é recalcado por uma bomba submersa (Anauger 65m AN900) até um tanque de equalização. De onde o esgoto era bombeado para os reatores.

A investigação experimental consistiu na instalação, operação e monitoramento de quatro reatores UASB em escala experimental denominados R1, R2 e $RNO_{3\text{-}1}$ e RC_1 , suas características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Principais características dos reatores anaeróbios

CARACTERÍSTICAS	R1	R2	$RNO_{3\text{-}1}$	RC_1
Volume útil (L)	10,4	9,0	1,0	2,0
Altura total (m)	1,42	1,20	0,85	1,10
Altura útil (m)	1,32	1,14	0,80	1,03
Diâmetro (mm)	100	100	40	50
Material Construtivo	PVC	Acrílico	PVC	PVC
TDH (h)	10,4	12,0	3,0	4,0
Vazão afluente (L/d)	24	18	3	12

Reator UASB microaerado de fluxo semicontinuo (R1)

O reator UASB com microaeração em fluxo semicontínuo (R1) apresentado na Figura 1, tem como diferencial a microaeração, implantada com intuito de oxidar sulfetos e obter enxofre elementar ou manter o enxofre na forma de sulfato (SO_4^{2-}), forma mais oxidada, visando a redução de mau odor e outros problemas indesejáveis. O esgoto sanitário foi armazenado em tanque de equalização (TE) com volume de 150L, provido de agitador mecânico para homogeneização, a alimentação contínua foi possível devido ao uso de uma bomba dosadora (A).

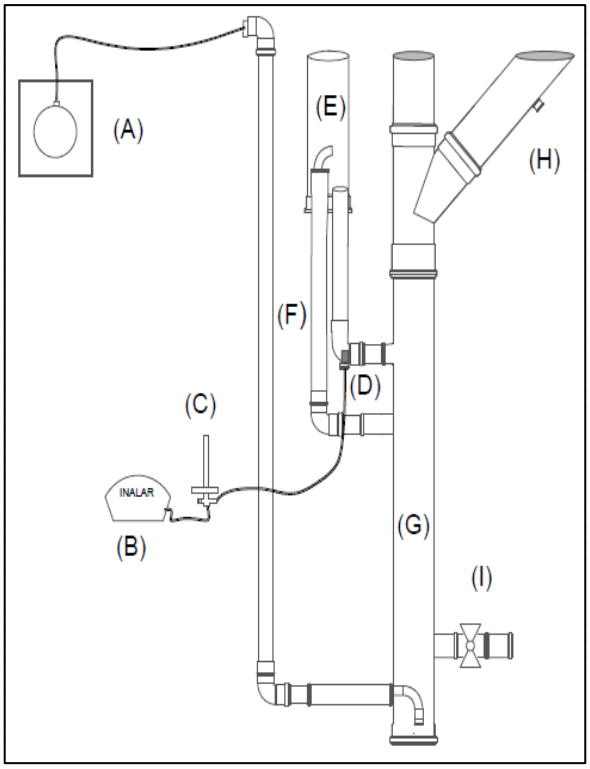


Figura 1 - Reator anaeróbio microaerado com fluxo semicontínuo (R1)

Fonte: Própria

(A) – Bomba dosadora bombeando esgoto bruto do tanque de equalização; (B) – Nebulizador (Nebular Plus®, Daru, Inhauma, RJ, Brasil); (C) – Fluxômetro (Oxigel, São Paulo, SP, Brasil);(D) – Pedra Porosa inserida no tubo de PVC 20 mm; (E) – Compartimento de aeração; (F) – Tubo de PVC 20 mm para retorno do efluente oxigenado; (G) – Zona de digestão do reator UASB; (H) – Saída do efluente tratado;(I) – Ponto de retirada de lodo.

A microaeração era semicontínua, utilizando um temporizador analógico, programado para ligar a microaeração durante 15 minutos e permanecer 60 minutos desligada. Totalizando 19 ciclos diários. Era realizada utilizando um tubo de PVC com 20 mm de diâmetro (D) localizado acima da manta de lodo do reator, onde uma pedra porosa foi adicionada ao interior do tubo para injetar e distribuir ar atmosférico oriundo de um nebulizador (Nebular Plus®, Daru, Inhauma, RJ, Brasil).

A vazão de ar afluente necessária ao reator era baixa, principalmente, quando comparada a vazão naturalmente fornecida pelo nebulizador, então foram necessárias derivações de tubos, permitindo que parte do ar fosse perdido para atmosfera antes de chegar ao fluxômetro (Oxigel, São Paulo, SP, Brasil) e consequentemente ao interior do compartimento de aeração.

Devido ao equilíbrio hidrodinâmico ocorre o deslocamento de uma fração do efluente do reator UASB para o recipiente (E) apresentado na Figura 4, onde ocorrerá a microaeração. O efluente oxigenado foi transportado para o interior do reator através de um tubo de PVC 20 mm (F) chegando a cerca de 0,20 m antes do separador de fases, que pode ser observado na Figura 4. A vazão de ar foi quantificada utilizando um fluxômetro de oxigênio, durante as leituras observou-se uma média de 0,1 mL de ar por minuto. Então em cada ciclo tinha-se 1,5 mL de ar. Desta forma a vazão diária de ar afluente ao sistema foi de 30 L/d, cerca de 7 $LO_2.d^{-1}$. Sabendo que o reator trata 20L de esgoto por dia, tivemos uma relação de 0,35 L O_2/L de esgoto tratado.

O controle da concentração de OD no reator é essencial para a efetivação da microaeração, então para monitorar esse parâmetro foram realizadas medições de oxigênio diariamente utilizando um medidor de oxigênio do tipo Lutron DO-5519 e respirômetro do tipo Beluga S32 (Desenvolvido na Universidade Federal da Paraíba) ligado a um eletrodo YSI (Yellow Springs, OH, EUA). Antes de cada teste, os equipamentos eram calibrados seguindo método padrão fornecidos no manual de cada equipamento. O eletrodo de oxigênio (YSI) e o eletrodo do medidor de oxigênio eram inseridos no braço do reator R1 (reator em forma Y), na profundidade de 30 cm com relação a saída do efluente.

O respirômetro funcionou de forma contínua durante três dias consecutivos, 24h por dia. Enquanto que as medições utilizando o Lutron DO-5519 foram realizadas diariamente durante o monitoramento do sistema. Este procedimento de monitoramento do oxigênio dissolvido era repetido para todos os reatores operados nesta fase da pesquisa de forma similar, variando apenas o local e profundidade de alocação dos eletrodos. Durante a utilização do respirômetro, buscando diminuir a imprecisão na medição de OD, todos os dias dava-se uma pausa na captura de dados do software, limpava-se a membrana do eletrodo (YSI) e observava suas condições, caso necessário, a troca era realizada. Este procedimento de preservação da precisão do equipamento era repetido todos os dias durante as medições de OD. Para comprovar a difusão do oxigênio dissolvido do recipiente para o interior do reator, as medições de OD também foram realizadas com o eletrodo inserido no recipiente do reator (20 cm) e no tubo de PVC central (30 cm), nas profundidades indicas entre parêntese.

Reator UASB microaerado com membrana submersa (R2)

O Reator UASB microaerado com membrana submersa (R2), tem suas principais características descritas na Tabela 2. Assim como o reator R1, diferencia-se dos reatores UASB convencionais, devido a microaeração, que neste caso foi realizada utilizando ar atmosférico distribuído no reator por um elástico cilíndrico de látex perfurado (C), que neste trabalho chamaremos de membrana.

A membrana era ligada a um tudo de 8 mm, conectado ao compressor de ar Schulz CSA 8,3 25L 1500W (B). Ela localizava-se a 20 cm da saída do efluente e próxima ao separador trifásico (D) como apresenta a Figura 2. Os furos presentes na membrana originou micro-bolhas de ar que promoveram uma melhor distribuição da microaeração. A vazão de ar era controlada mantendo o controlador de vazão do compressor no seu nível mínimo, proporcionando uma baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD) no interior do reator.

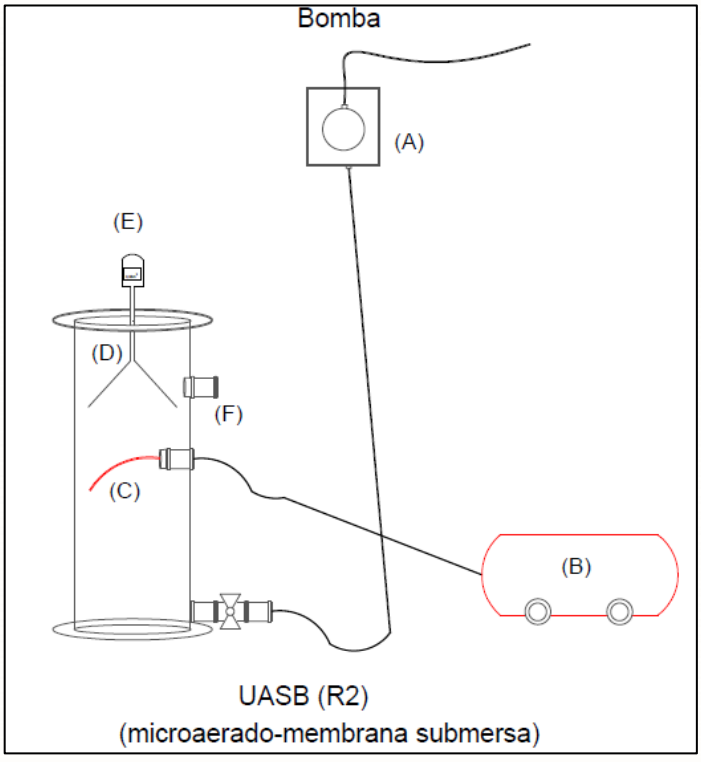


Figura 2- Reator UASB microaerado com membrana submersa (R2)

Fonte: Própria

(A) – Bomba dosadora bombeando esgoto bruto do tanque de equalização; (B) – Compressor de ar Schulz CSA 8,3; (C) –Elástico cilíndrico de látex perfurado; (D) – Separador trifásico; (E) – Gasômetro; (F) – Saída do efluente tratado.

O monitoramento da concentração de OD procedeu-se de forma similar as medições realizadas no reator R1, neste caso, os eletrodos eram inseridos no interior do reator, na profundidade de 20 cm, em relação a saída do efluente.

Reator UASB com adição de nitrato (RNO_{3-1})

O esgoto sanitário bombeado do tanque de equalização (TE), com agitação manual onde se misturava 3L de esgoto sanitário a 45 mg de Nitrato de Sódio P.A diariamente. Essa mistura, após a homogeneização era transferida para o recipiente (A) com um volume de 3,3L. O reator RNO_{3-1} esquematizado na Figura 3, tem suas características descritas na Tabela 1. A alimentação era realizada por equipo, sua mangueira foi inserida em um cilindro de alumínio perfurado na extremidade inferior (Figura 3-1), que permanecia no interior do reator UASB para possibilitar um fluxo ascendente. Para melhor visualização da extremidade inferior do tubo de alumínio, uma ampliação é apresentada na Figura 3-2.

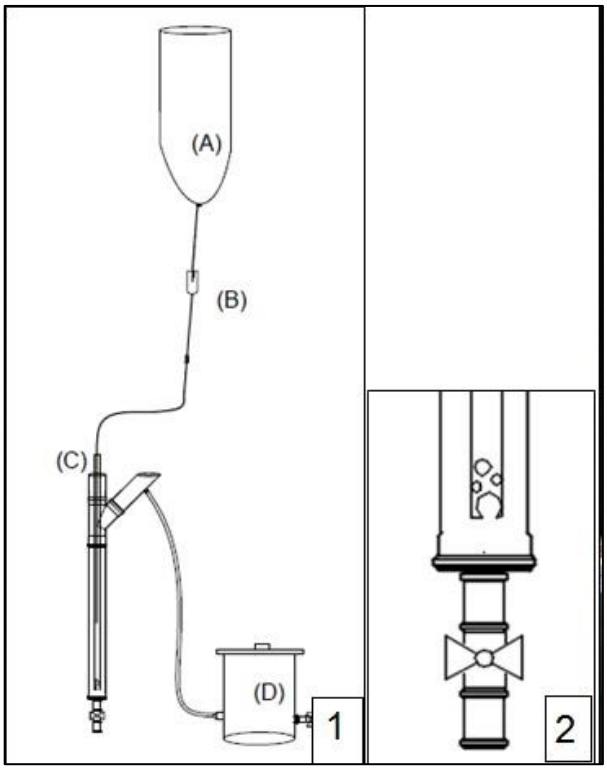


Figura 1 - Reator UASB com adição de nitrato (RNO_{3-1})

Fonte: Própria

1-(A) – Recipiente (Garrafa PET adaptada); 1-(B) – Equipo macrogotas; 1-(C) – Tubo de alumínio com ponta inferior perfurada; 1-(D) – Coletor de efluente tratado;

A alimentação do reator era controlada por um equipo macrogotas (B) acoplado ao recipiente promovendo um gotejamento com vazão aproximada de 0,33 L/h. A alimentação

do recipiente foi realizada diariamente, então, o reator funcionou em batelada, tratando 3L de esgoto sanitário por dia, operando 9h e com 15h de descanso.

A utilização deste tipo de equipo para distribuição do esgoto exige bastante atenção na verificação da colmatação. Para evitar problemas é necessária a limpeza diária do recipiente e troca do equipo, semanalmente, principalmente, devido aos sólidos presentes no esgoto e a formação de biofilme.

Reator UASB controle (RC_1)

O reator de controle esquematizado na Figura 4-1 tem suas principais características descritas na Tabela 1, ele era operado como um reator UASB convencional, sem a adição de microaeração, para servir como reator controle, comparando-o com os reatores com a adição de oxidantes.

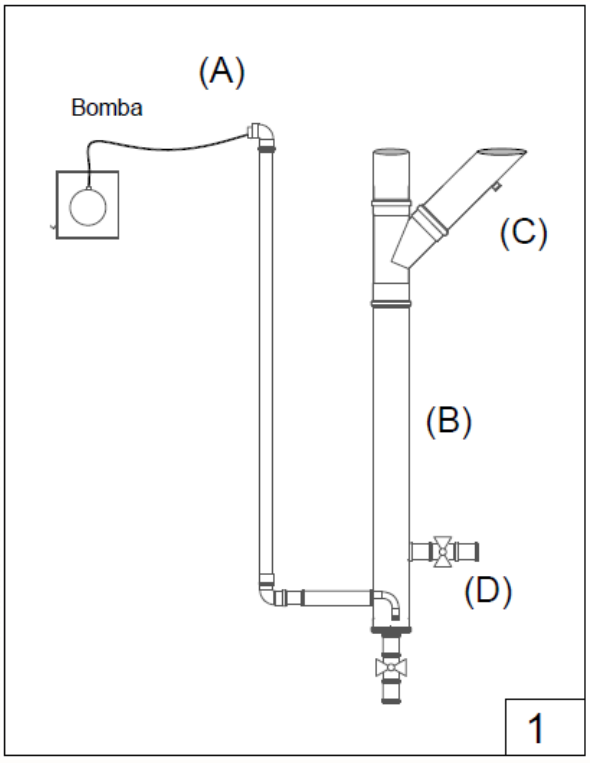


Figura 4- Esquema do reator de controle (RC_1) l

Fonte: Própria

1-(A) – Bomba dosadora bombeando esgoto bruto do tanque de equalização; 1-(B) – Zona de digestão; 1-(C) –Saída do efluente; 1-(D) – Válvula de descarte de lodo;

A medição da concentração de OD se procedeu de forma similar ao R1, sendo que os eletrodos foram inseridos no braço do reator, na profundidade de 25 cm em relação à saída do efluente. Os resultados obtidos nestes testes foram considerados como base, para comprovar e

quantificar a diferença na concentração de oxigênio dissolvido entre os reatores microaerados e não microaerados. As amostras do monitoramento foram coletadas e analisadas na Estação Experimental de Tratamento biológico de Esgoto Sanitário-EXTRABES de acordo com as metodologias previstas em APHA, AWWA e WEF (2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados referentes à operação dos sistemas durante esta pesquisa. Avaliando e discutindo os comportamentos dos reatores com relação aos principais parâmetros monitorados, como concentração de oxigênio, sulfato, sulfeto, OD e DQO. A fim de avaliar o uso de oxidantes na remoção de sulfetos.

Oxigênio dissolvido

Durante o monitoramento do reator RC_1 encontrou-se uma concentração média de 0,25 mgO_2. L^{-1}. Como este reator funcionou como UASB convencional, essa concentração de OD, deve-se possivelmente aos traços de oxigênio oriundos da atmosfera, pois a parte superior do reator é aberta. Assim como os demais reatores operados neste estudo.

Na Figura 5 apresenta-se a variação de OD e temperatura ao longo das 72 h de medição no reator R1. A temperatura variou entre de 22 a 23ºC e o oxigênio dissolvido variou de 0,72 a 0,79 mgO_2. L^{-1}, com média de 0,74 mgO_2. L^{-1}.

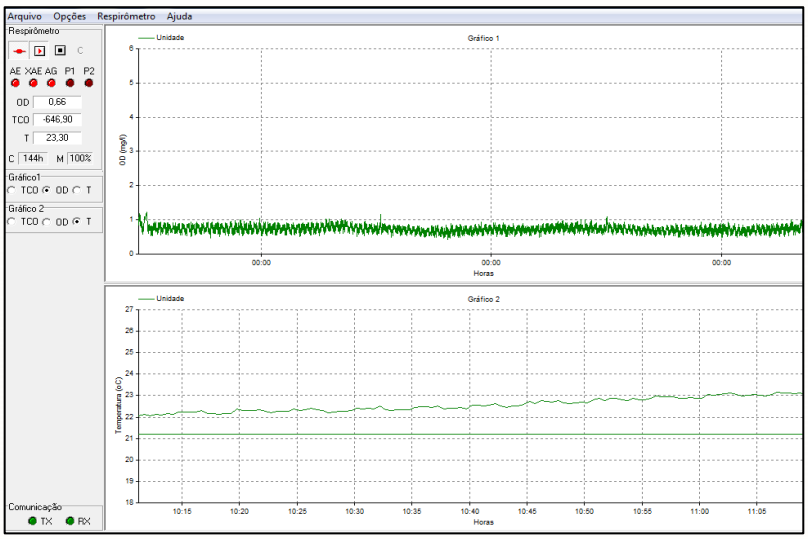


Figura 5- Variação da concentração de OD no reator R1

Como a injeção de ar (microaeração) no reator R1, ocorria de forma direta no recipiente acoplado ao mesmo. Medições de OD também foram realizados no reator, com o

intuito de comparar a concentração de OD presente no interior do reator e a apresentada no efluente do reator (saída). Visando constatar se ocorreu uma difusão de OD eficiente. Os resultados no compartimento de microaeração constataram uma concentração de OD média de 0,74 mgO_2. L^{-1}, valor muito próximo ao encontrado no interior de R1. Não caracterizando uma diferença estatística considerável, com isto, podemos afirmar que o OD no recipiente e em R1, foram equivalentes. Então assim a difusão no meio líquido realmente deve acontecer para possibilitar essa situação. Este acompanhamento das concentrações de OD no compartimento de microaeração também serviram para avaliar a influência do fluxo semicontinuo de ar na variação deste parâmetro.

Na Figura 6 pode se observar a variação de OD e temperatura ao longo do monitoramento do reator R2.

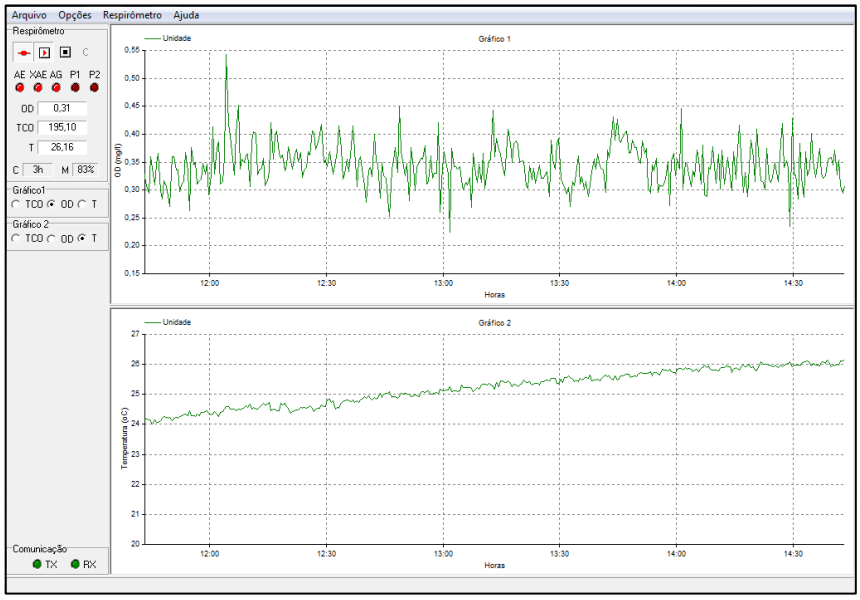


Figura 6- Variação de OD no reator R2

No reator encontrou-se uma média global de 0,36 mgO_2. L^{-1}. Então para saber a concentração de OD realmente proporcionada devido à microaeração, o valor médio encontrado no reator controle (RC_1) deve ser subtraídos das concentrações médias de OD encontradas em R1 e R2. Desta forma, temos que a microaeração aumentou em 0,49 mgO_2. L^{-1} e 0,11 mgO_2. L^{-1}, respectivamente.

Sulfato

As concentrações de sulfatos nos afluentes e efluentes foram monitoradas e os resultados obtidos para os reatores R1, R2 e $RNO_{3\text{-}1}$ podem ser observados no gráfico

presente na Figuras 7. Para melhor visualização dos dados os afluentes e efluentes foram legendados da seguinte forma: EB – afluente (esgoto bruto), R1 – efluente do reator R1, R2 – efluente reator R2 e RNO_{3-1} – efluente do reator RNO_{3-1}.

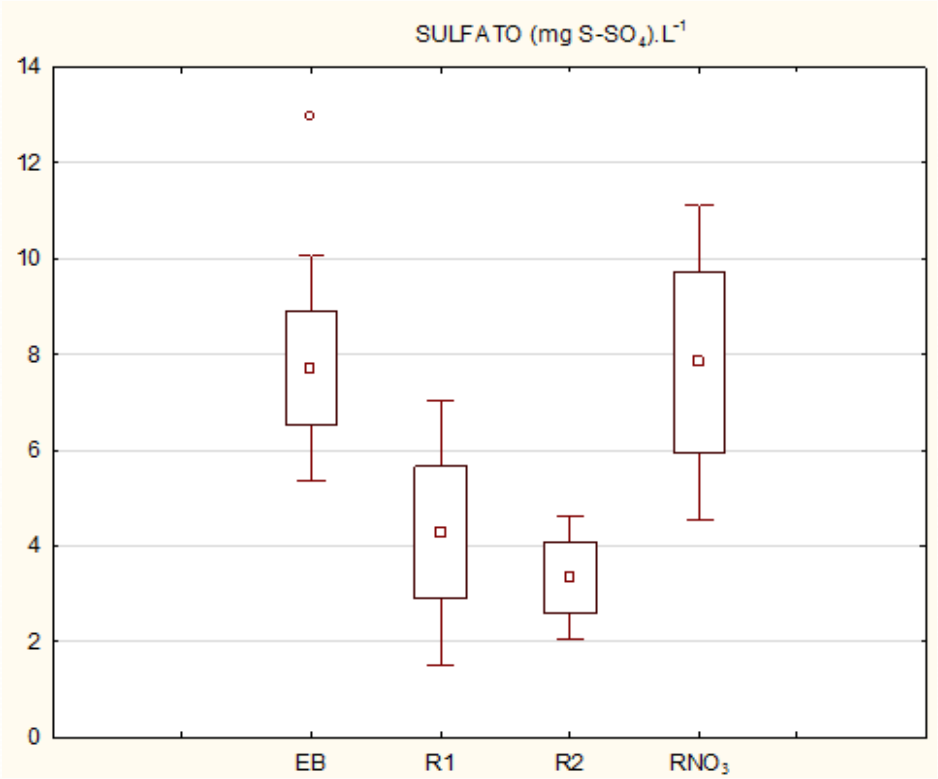


Figura 7- Resultados do monitoramento do parâmetro sulfato

O afluente dos reatores era o esgoto sanitário bruto (EB), no monitoramento encontrou-se médias de 7,7 ± 2,3 mgS-SO_4.L^{-1} no EB, e nos efluentes dos reatores R1: 4,3 ± 2,8 mgS-SO_4.L^{-1}, R2: 3,3 ± 1,3 mgS-SO_4. L^{-1} e RNO_{3-1}: 7,8 ± 3,3 S-SO_4.L^{-1}.

As concentrações efluentes de sulfato foram superiores à concentração afluente no reator $RNO_{3-1.}$ Este fenômeno também foi observado por Garcia *et al.*, (2015), operando reatores UASB com pós tratamento em reatores de oxidação de sulfetos biológicos. Outros autores também detectaram esse tipo de comportamento, como no caso de Zitomer e Shrout (2000) a aeração era realizada em um ponto localizado no fundo do leito. Eles observaram um aumento de 30% na concentração efluente de sulfato da microaeração do sistema. No caso dessa pesquisa aumento pode ser atribuída a adição de nitrato de sódio suficiente para oxidar o sulfeto para sua forma mais oxidada.

Sulfeto Total Dissolvido (STD)

A concentração do parâmetro sulfeto dissolvido total (SDT) monitorada no afluente e efluente podem serem observadas na Figura 8.

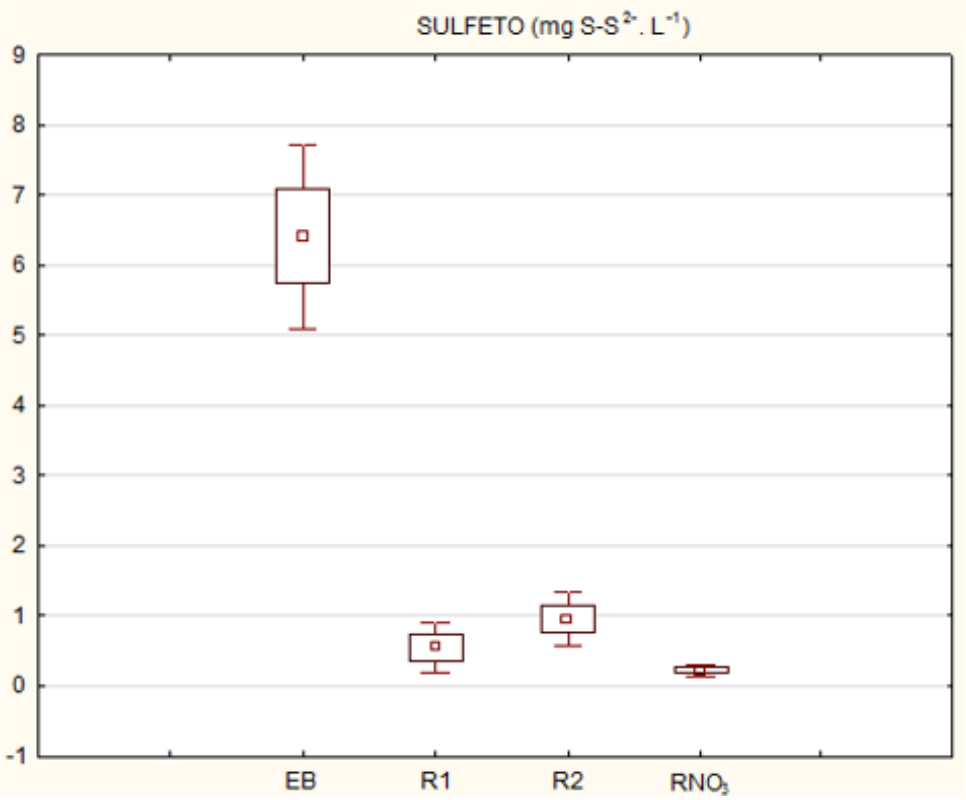


Figura 8- Resultados do monitoramento do parâmetro Sulfeto.

A concentração média de sulfeto no (EB): 6,41 ± 1,31 mgS-S^{2-}.L^{-1} e nos efluentes dos reatores R1: 0,55 ± 0,36 mgS-S^{2-}.L^{-1}, R2: 0,95 ± 0,39 mgS-S^{2-}.L^{-1} e RNO_{3-1}: 0,23 ± 0,08 mgS-S^{2-}.L^{-1}. Os reatores apresentaram as seguintes eficiências de remoção de sulfeto total dissolvido: 91%, 85 % e 96% respectivamente. Considerando os dados afluentes de enxofre e a quantidade de oxigênio adicionada ao reator R1, a relação molar encontrada foi de aproximadamente 24 mmolO_2/mmol S.

O reator RNO_{3-1} operado apresentou a maior eficiência na remoção de sulfeto. Estes resultados confirmam as hipóteses de Reyes *et al*. (2004), e condizem com os resultados encontrados por Santos et al., (2019), que encontram remoção de sulfeto e nitrato superiores a 98%. Assim como, com os resultados de Cai *et al.* (2008), que obtiveram eficiências de remoção de sulfeto e nitrato acima de 99%. Eles recomendam que para a obtenção de enxofre elementar a relação de S/N seja menor que a utilizada.

A adição de nitrato foi eficiente na remoção de sulfetos, porém existem outras alternativas que podem apresentar resultados tão eficientes quanto. Uma delas é a adição de nitrito, pois Auguet *et al.* (2016), trabalharam com águas residuárias em tratamento anaeróbio e dosagens de nitrito, afirma que devido a adição deste oxidante, a microbiologia do sistema foi alterada e que obteve uma remoção de sulfeto de 100%.

A utilizando microaeração nos reatores UASB apresentou elevadas eficiências na remoção de sulfetos, valores superiores aos resultados obtidos por Lima *et al.* (2015), encontraram uma redução de 81% do sulfeto, mantendo uma concentração de oxigênio dissolvido entre 0,6 e 1,2 mg O_2. L^{-1}. Próximos aos resultados encontrados por Sousa *et al.* (2016), operando um reator anaeróbio híbrido e um reator UASB microaerado com relação de 16 mmolO_2/mmol S, obtiveram eficiências de 89% e 79% na remoção de sulfeto dissolvido total, respectivamente. Krayzelova *et al.* (2014), operando um reator microaeróbio com volume de 2,7L e com vazão de ar de 1L por dia, tratando efluente de cervejaria a uma temperatura de 37º, obteve uma remoção de 74% de sulfeto, no entanto, a relação O_2/S foi menor que a utilizada no reator R1.

Van der Zee *et al.* (2007), operando um reator anaeróbio de leito fluidizado (1,7 L; TDH de 5 dias) e alimentado com água residuária com baixa concentração de sulfato, o qual foi operado sob condições estritamente anaeróbias e, posteriormente, microaeróbio, com à introdução de ar (0,7 – 0,9 $m^3.m^{-3}.d^{-1}$) durante 28 dias subsequentes. Eles encontraram que durante a operação totalmente anaeróbia, a quantidade de sulfeto dissolvido correspondia a 29,4 mg $S.d^{-1}$ enquanto que na fase microaeróbia esse valor foi reduzido para apenas 8,6 mg $S.d^{-1}$, ou seja, o efluente do reator continha 71% menos sulfeto do que na fase anaeróbia.

Díaz *et al.* (2010), operando reatores com digestão lodo, encontraram que as quantidades de sulfeto dissolvido permaneciam constantes (sem redução) comparada à fase totalmente anaeróbia, a partir da injeção de ar (1,27 N $m^3.m^{-3}$ de lodo alimentado) no *headspace* de um digestor de lodo em escala piloto com volume útil de 200L e operado com um TDH de 20 dias, por outro lado, Oliveira (2013), operando um reator nas condições citadas anteriormente, obteve remoção de sulfeto de aproximadamente 50%, mesmo microaerando no *headspace.*

A remoção de sulfetos em todos os reatores ocorreu de forma eficiente com concentrações de STD nos efluentes variando de 0,23 a 0,95 mg $S\text{-}S^{2-}$. L^{-1}, assim como, no trabalho de Sousa *et al.* (2016) e Barbosa et al. (2019), que constatou também que a microeração reduz o sulfeto presente no biogás, evitando odores. Isso reafirma a

aplicabilidade de reatores microaeróbios e reatores alimentados com efluentes nitrificados para remoção de sulfetos.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A concentração média de DQO total no afluente (EB) foi de 715 ± 206 $mgO_2.L^{-1}$. Para os efluentes obteve-se, R1: 327 ± 126 $mgO_2.L^{-1}$, R2: 329 ± 128 $mgO_2.L^{-1}$ e $RNO_{3\text{-}1}$: 326 ± 212 $mgO_2.L^{-1}$. Os reatores apresentaram as seguintes eficiências de remoção de material carbonáceo: 54%, 53 % e 54%, respectivamente. Por outro lado, Lima *et al.* (2015), operando um reator UASB convencional, alcançou eficiências de remoção de matéria orgânica variando de 54 a 59%. Eles também operaram um reator com adição de oxigênio na manta de lodo, encontraram eficiências variando de 52 a 58%. Evidenciam que baixas concentrações de OD não inibem a atividade metanogênica e que a eficiência na remoção de DQO não é afetada negativamente pelo OD. Segundo Oliveira (2013), a microeração pode aumentar a remoção de DQO, principalmente devido à oxidação facultativa da matéria orgânica pela presença de oxigênio, ou efeito da diminuição da quantidade de sulfeto no interior do sistema, consequentemente, menor toxicidade. Um leve aumento na remoção de DQO foi constato por Barbosa et al. (2019). Enquanto Van der Zee *et al.* (2007), operaram um reator anaeróbio e posteriormente microaeróbio, e não identificaram diferença significativa na eficiência de remoção de DQO com valores de 86,3% ± 0,7% e 86,6 % ± 0,7 % para as fases microaeróbia e anaeróbia, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A microeração em reatores UASB é uma alternativa factível para remoção de sulfeto total dissolvido no efluente e no biogás, melhorando a qualidade do biogás, minimizando odores, corrosão e outros problemas oriundos do enxofre reduzido.

A adição de nitrato de sódio removeu 98% e a microareção apresentou eficiências sempre superiores a 80%, resultados promissores, que devem serem estudados em reatores UASB em escala real.

A dosagem de nitrato de sódio causou aumento na concentração de sulfato, que é um composto com baixa aplicabilidade, porém caso haja interesse na recuperação do enxofre, recomenda-se utilizar concentração inferiores às desta pesquisa, pois favorecerá a formação de enxofre elementar, para reaproveitamento na agricultura ou indústria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA., 2012. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22a. ed. Washington: American Public Health Association.

AUGUET, O.; PIJUAN, M.; BORREGO, C. M.; GUTIERREZ, O., 2016. **Control of sulfide and methane production in anaerobic sewer systems by means of Downstream Nitrite Dosage.** Science of The Total Environment. v. 550, p. 1116–1125.

BARBOSA, R.A.; SOUSA, J.T.; LOPES, W.S.; LEITE, V.D.; CABRAL, L.L.B. **Suphide removal in microaerated UASB reactors treating sanitary sewage.** REVISTA DAE, 2019. V 216, p.5 a p.19 . <DOI: 10.4322/dae.2019.011> ISSN 0101-6040.

BUISMAN, C.J.N.; GERAATS, B.G.; IJSPEERT, P.; LETTINGA, G., 1990. **Optimization of sulphur production in a biotechnological sulphide-removing reactor**. Biotechnol. Bioeng. v. 35, p. 50.

CAI, J.; ZHENG, P.; MAHMOOD, Q. 2008. Effect of sulfide to nitrate ratios on the simultaneous anaerobic sulfide and nitrate removal. n 13, v. 99, p.5520-5527. <doi: Http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2007.10.053>.

DÍAZ, I.; LOPES, A.C; PÉREZ, S.I.; FDZ-POLANCO, M., 2010. **Performance evaluation of oxygen, air and nitrate for the microaerobic removal of hydrogen sulphide in biogas from sludge digestion**. Bioresource Technology, v. 101, p. 7724-7730.

GARCIA *et al.*, 2015. **Biological sulphide removal from anaerobically treated domestic sewage: Reactor performance and microbial community dynamics.** Environmental Technology <doi: http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2015.1024174>.

JANSSEN, A.; GROTENHUIS, J.T.C.; LETTINGA, G.; RULKENS, W., 1994 **Possibilities for using biologically-produced sulphur for cultivation of thiobacilli with respect to bioleaching processes.** R. Tichý, Biores. Technol., v. 48, p. 221.

JANSSEN, A.; LETTINGA, G.; KEISER, A., 1999. **Removal of hydrogen sulphide from wastewater and waste gases by biological conversion to elemental sulphur: Colloidal and interfacial aspects of biologically produced sulphur particles.** Elsevier, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v. 15, p. 389-397.

KRAYZELOVA, L.; BARTACEK,J.; KOLESAROVA, N.; JENICEK, P. 2014. **Microaeration for hydrogen sulfide removal in UASB reactor.** V. 172, p. 297-302. <doi: Http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.056>.

LIMA, J.F. SOUSA, J.T. LIMA, D.A. HENRIQUE, I.N. SANTOS, E.V.M. **Control and removal of sulfides in anaerobic reactors treating sewage.** DAE, 2015.

METCALF & EDDY INC., 2003. **Wastewater engineering**: treatment, disposal and reuse. 4. ed. New York: McGraw-Hill Books, 1815p.

OLIVEIRA, C. J. S., 2013. **Avaliação da microaeração na eficiência, estabilidade operacional, qualidade do biogás e controle de odor em sistemas anaeróbios de tratamento.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Ceará.

REYES-AVILA J.S.; RAZO-FLORES, E.; GOMEZ, J., 2004. **Simultaneous biological removal of nitrogen, carbon and sulfur by denitrification.** Water Res., v. 38, p. 3313–3321.

SANTOS, S. L.; BARBOSA, R. A.; SOUSA, J. T. et al., 2019. **Remoção de sulfeto utilizando desnitrificação autotrófica em reator UASB.** In: *XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*. **Anais eletrônicos**. NATAL-RN, ABES, 2019.

SOUSA, J.T.; LIMA. J.F.; SILVA, V.C.; LEITE, V.D.; LOPES,W.S.,2016. **Recovery ofelemental sulphur from anaerobic effluents through the biological oxidation of sulphides**. Environmental Technology. V 38:5, p 529-537, <doi:10.1080/09593330.2016.1201148>.

VAN DER ZEE, F. P.; VILLAVERDE, S.; GARCIA, P. A. 2007**. Sulfide removal by moderate oxygenation of anaerobic sludge environments. Bioresource Technology,** v. 98, n.3, p. 518–524, 2007.

VISSER, A.; HULSHOFF-POL, L. W.; LETTINGA, G., 1996. **Competition of methanogenic and sulfidogenic bacteria.** Water Science and Technology**,** v. 33, n. 3, p. 99-110. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223(96)00324-1>. Acesso em: 01jun2015.

ZITOMER, D, H.; SHROUT, J, D**. High sulfate oxygen demand wastewater aerated methanogenic fluidized beds.** Water Environmental Research, v. 72, n.1, p. 90-97, 2000.

POTENCIALIDADES DO JOGO BINGO MATEMÁTICO PARA O ENSINO DE EQUAÇÕES DE PRIMEIRO GRAU E AS QUATRO OPERAÇÕES FUNDAMENTAIS DA MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO

Emily de Vasconcelos Santos [1]
Rebeka Sabryna Freitas[2]
Mariana Ferreira de Souza Rocha[3]
Gustavo Henrique Ramos Reinaldo de Oliveira Costa[4]

RESUMO

Os jogos matemáticos vêm sendo um auxílio ao docente no processo de ensino e aprendizagem da matemática, boa parte dos estudos desenvolvidos no âmbito da Educação matemática apontam que o recurso dos jogos pedagógicos pode favorecer na interação do aluno com o assunto abordado. Sobre este olhar, o presente trabalho relata uma experiência de ensino desenvolvida com alunos de 1º ano do Ensino Médio de duas instituições de ensino localizadas na cidade de Monteiro –PB, uma pertencente à rede estadual e outra a rede federal. A prática teve como objetivo analisar a efetividade do jogo Bingo Matemático para o ensino das quatro operações fundamentais da matemática, bem como das equações de 1º grau. Para isso, buscamos ao longo do estudo averiguar o desempenho matemático dos alunos com relação à compreensão de tais conceitos matemáticos, evidenciada ao longo das jogadas do bingo. As intervenções foram desenvolvidas no ano de 2019, consistindo em uma das atividades de pré-requisitos da disciplina de prática do ensino da matemática II, do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual da Paraíba. Com a experiência, contatou-se que o jogo Bingo Matemático pode favorecer no processo de ensino e aprendizagem de tais conteúdos, pois o recurso permitiu melhor analisar a compreensão dos alunos o que favoreceu para o trabalho e consequentemente a aprendizagem dos conteúdos. Todavia, apesar dos resultados positivos alcançados, destacamos que é indispensável que os alunos busquem alcançar sua aprendizagem e que também tenham uma boa base de conhecimentos matemáticos.

Palavras-chave: Álgebra, Aritmética, Práticas de Ensino, Jogos, Ensino Médio.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O ENSINO DA ARITMÉTICA E DA ALGÉBRA

Apesar de ser uma área de conhecimento que enfrenta rejeições entre os alunos, a matemática é muito importante para a sociedade. Aliando-se aos conceitos matemáticos

[1] Mestra em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual da Paraíba - PB, emily.vascooncelos@hotmail.com;
[2] Graduanda doCurso de Licenciatura Plena em Matemática, Universidade Estadual da Paraíba - PB, rebekasabryna@live.com;
[3] Graduanda peloCurso deLicenciatura Plena em Matemática, Universidade Estadual da Paraíba - PB, marianaferreira20172017@gmail.com;
[4]Graduando do Curso de Licenciatura Plena em Matemática, Universidade Estadual da Paraíba - PB, gustavoramos1337@gmail.com.

podemos mensurar a distância entre espaços físicos, o tempo, a quantidade de objetos, entre outras coisas. Estudada por muitos como uma ciência, a compreensão da Matemática alcança outras áreas de conhecimento, e para ser melhor compreendida, os seus conteúdos podem ser organizados em blocos específicos de conhecimento, entre eles discutimos neste trabalho a articulação do ensino da Aritmética com o da Álgebra.

Introduzida no currículo escolar, a Álgebra requer um raciocínio matemático abstrato o que explica, muitas vezes, na dificuldade de compreensão dos alunos, principalmente no Ensino Médio. Sendo ela, a área que generaliza a Aritmética, a Álgebra faz a manipulação de equações através das operações aritméticas. Com relação à compreensão da expressão algébrica que representa uma equação de primeiro grau, Cortés e Kavafian (1999, apud DANIEL, 2007) explicam que, um dos erros mais comuns dos alunos está no entendimento dos elementos a compõem. De acordo com os autores os erros decorrem pois:

> [...] os alunos não identificam o que é uma equação ou uma incógnita; erros de transformações algébricas podem ser em transformações aditivas (aquele referente à permanência do sinal depois de realizada uma etapa da equação) ou multiplicativas (referente à permanência da multiplicação depois de realizada uma etapa da equação); erros decorrentes da falta de atenção na escrita de uma nova equação; erros envolvendo cálculos numéricos. (CORTÉS; KAVAFIAN, 1999, apud DANIEL, 2007, p. 60).

Compreendemos que, a falta de clareza de muitos alunos pode estar atrelada a qualidade do ensino desenvolvido nos anos inicias do Ensino Fundamental. É importante que o trabalho com equações aconteça de maneira articulada com as quatro operações fundamentais (adição, subtração, multiplicação e divisão) da matemática desde dos primeiros anos de escolaridade. Neste sentido, entendemos que as equações de primeiro grau e as operações estão ligadas por uma linha tênue que ocasiona em uma necessidade recíproca entre ambas para a compreensão. Com relação a isso, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) que norteiam as práticas educativas em nosso país, destacam essa relação intrínseca entre a Aritmética e a Álgebra. O documento esclarece que a articulação entre estes dois blocos de conteúdos possibilita uma formação do pensamento matemático mais consistente.

Logo, percebemos a necessidade de os professores procurarem recursos de ensino que potencializem a aprendizagem de ambos os blocos de conhecimento. É importante que o processo de ensino permita que o aluno compreenda os conceitos algébricos apoiados nos conceitos aritméticos, bem como vice-versa. Á vista disso, entendemos que o recurso dos jogos pode ser uma interessante alternativa, à medida que com a utilização deste recurso o professor

pode desenvolver dinâmicas de ensino que permitam a articulação do ensino de ambos os conhecimentos.

Além disso, entendemos que os jogos didáticos podem auxiliar o professor no trabalho com a significação da representação algébrica, pois a partir de problematizações entre as partidas o professor pode estimular a inquietação dos alunos em busca de compreender tais significados. Confiamos que o trabalho com jogos pode potencializar o processo educativo da Álgebra e Aritmética, pois, em seu aspecto pedagógico, o jogo:

> [...] se apresenta produtivo ao professor que busca nele um aspecto instrumentador e, portanto, facilitador na aprendizagem de estruturas matemáticas, muitas vezes de difícil assimilação, e também produtivo ao aluno, que desenvolveria sua capacidade de pensar, refletir, analisar, compreender conceitos matemáticos, levantar hipóteses, testá-las e avaliá-las (investigação matemática), com autonomia e cooperação. (GRANDO,2000, p.28).

Diante desses aspectos mencionados, este trabalho tem como objetivo analisar a efetividade do recuso dos jogos didáticos para a compreensão do algoritmo de resolução de equações de primeiro grau e as quatro operações básicas da matemática. Para tal, buscamos ao longo do estudo averiguar o desempenho matemático dos alunos do Ensino Médio em distintas instituições de ensino básico. Para o trabalho em sala de aula utilizamos como recurso didático o jogo Bingo, para trabalhar as quatros operações fundamentais da matemática e as equações de 1º grau. Os sujeitos da intervenção foram estudantes do 1º ano do Ensino Médio de duas escolas públicas da cidade de Monteiro - PB. Destacamos que as tais intervenções foram desenvolvidas no ano de 2019, sendo estas consideradas atividades de pré-requisitos da disciplina de prática do ensino da matemática II, ministrada pela a professora Emily Vasconcelos, do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual da Paraíba.

Nas próximas linhas, discutiremos as principais ideias teóricas que fundamentaram a nossa ação pedagógica desempenhada durante a realização da atividade relata no presente trabalho.

2. O ENSINO DA ALGÉBRA E DA ARITMÉTICA COM O AUXÍLIO DOS JOGOS DIDÁTICOS: DESAFIOS E POSSIBILIDADES

O ensino escolar da Álgebra é pontuado por diversos autores como um dos temas centrais de discussão no âmbito da Educação Matemática. Sua relevância tem despertado o

interesse desta comunidade há bastante tempo. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998, p. 115) "o estudo da Álgebra constitui um espaço bastante significativo para que o aluno desenvolva e exercite sua capacidade de abstração e generalização, além de lhe possibilitar a aquisição de uma poderosa ferramenta para resolver problemas". Assim, entendemos que o estudo da Álgebra é indispensável para que o aluno possa desenvolver argumentos durante o processo de resolução de problemas matemáticos escolares e extraescolares que necessitem de conhecimentos abstratos.

Mediante a relação entre a Aritmética e a Álgebra, é importante que aluno domine as operações aritméticas para uma melhor compreensão das expressões algébricas. Na Matemática escolar "[...] é quase impossível colocar uma divisória ou estabelecer limites entre aritmética e álgebra, muito menos impor uma ordem estrita, primeiro aritmética, depois álgebra" (TELES, 2004, p.4). Por estas razões que o aluno necessita dominar ambos os conteúdos para que o processo de ensino-aprendizagem de tais possa ser desempenhado com maior grau de qualidade. O Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009, p.9) aconselha que:

> O estudo da Álgebra no Ensino Fundamental inicia-se, de forma organizada e intencional, na 6ª série, com o uso de letras para representar valores desconhecidos, relações entre grandezas e padrões e regularidades numéricas. O aluno deve tomar contato com equações simples e saber resolvê-las usando diferentes estratégias.

Por mais difícil que seja sua assimilação, a Álgebra está diretamente associada a conteúdos vistos nos anos inicias. Diante disso, é importante destacar a fundamental importância de compreender as quatro operações para a resolução das equações de primeiro grau. Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação (DCE) (2006, p.28) "[...] no trabalho de passagem da aritmética para álgebra, faz-se necessário um cuidado para não haver uma ruptura entre ambas, mas ampliação das possibilidades de argumentar e resolver problemas" (PARANÁ, 2006, p. 28).

Levando em consideração os aspectos mencionados, vimos que poderiam ser utilizados outros meios para facilitar a compreensão em relação à matemática. Para isso foram criados alguns recursos pedagógicos para o ensino e o aprendizado de Matemática, entre eles estão os jogos. Em concordância com isso, Moura (1999, apud BICUDO, 2003, p.189) defende que "colocar o aluno diante de situações de jogo pode ser uma boa estratégia para aproximá-lo dos conteúdos culturais a serem veiculados na escola, além de poder estar promovendo o desenvolvimento de novas estruturas cognitivas".

Este recurso pode ser visto como um auxílio dinâmico que necessita da interação do aluno com a turma e com o docente, estimulando um conhecimento mais amplo. Entendemos que tal recurso permite ao aluno vivenciar a teoria de maneira prática, possibilitando que o conteúdo seja abordado de modo criativo e dinâmico, facilitando na compreensão dos conceitos matemáticos. Com relação à potencialidade dos jogos para o ensino da Matemática, Kishimoto (2009) defende que:

> A utilização do jogo potencializa a exploração e a construção do conhecimento, por contar com a motivação interna, típica do lúdico, mas o trabalho pedagógico requer a oferta de estímulos externos e a influência de parceiros bem como a sistematização de conceitos em outras situações que não jogos. (KISHIMOTO, 2009, p.37, apud MACHINSK, A; TROBIA, 2016, p. 6).

Diante das constatações, a seguir discutiremos sobre as possíveis potencialidades dos jogos pedagógicos para processo de ensino aprendizagem da matemática. Na oportunidade apresentamos algumas ideias defendidas por pesquisadores da área, destacando o papel do professor, bem como dos alunos no processo educativo mediado com o auxílio da utilização de tal recurso.

2.1 POTENCIALIDADES DA UTILIZAÇÃO DOS JOGOS PARA O PROCESSO EDUCATIVO DA MATEMÁTICA

Como educadores matemáticos, sabemos que o ensino repetitivo desta disciplina, na maioria das vezes, torna as aulas de matemática tediosas e sem atrativos o que resulta, quase sempre, na falta de interesse dos alunos com relação ao estudo da disciplina. No que concerne ao estudo dos conceitos algébricos, este desinteresse por parte dos alunos pode ser mais agravante, em razão da dificuldade de alguns em representar as relações matemáticas na forma de expressões algébricas.

Diante deste agravante, como educadores matemáticos precisamos sempre buscar e/ou elaborar estratégias de ensino que venham a facilitar o processo educativo, com o intuito de favorecer na qualidade do processo educativo da matemática e na aceitação da matemática pelos alunos. Apoiando-se em tais ideias, no presente trabalho apontamos os jogos pedagógicos como um eficiente recurso de ensino, posto que com a sua utilização o professor pode buscar motivar os alunos a buscar de seu conhecimento, bem como compartilhamento e articulação das ideias.

Com relação a isso, Vygotsky (2003 apud, ANTUNES; SABÓIA-MORAIS, 2010, p. 3) explica que:

> O uso do jogo no contexto escolar é importante, pois permite o desenvolvimento cognitivo e social dos estudantes. Os jogos possibilitam ao aprendente superar o seu egocentrismo natural, permitindo-o desenvolver atitudes de convívio social, importante na formação de cidadãos.

A potencialidade dos jogos para o ensino da matemática e apontada por diversos pesquisadores da área de Educação Matemática (). As maiorias dos estudos desenvolvidos demonstram que a utilização de jogos pedagógicos como metodologia adotada pelo o professor facilita o ensino de Matemática, em vista que os alunos aprendem mais a medida que se sentem mais motivados com as propostas de ensino. Uma outra potencialidade, diz respeito a oportunidade de o professor fazer diagnósticos da aprendizagem de seus alunos.

Sobretudo, a utilização de jogos didáticos no ensino deve ser feita de forma dirigida, o professor deve de maneira planejada elaborar sua aula, evidenciando sempre seus principais objetivos e metodologias que serão aplicadas em sala de aula. Segundo Moura e Viamonte (2006) “o educador deve planificar as aulas, de modo a permitir que seja possível explorar todo o potencial dos jogos, processos de solução, registros e discussões sobre possíveis caminhos que poderão surgir”.

Segundo Almeida (1998, p.123) "o bom êxito de toda atividade lúdico-pedagógica depende exclusivamente do bom preparo e liderança do professor”, o educador por sua vez, precisar construir um jogo pedagógico que possa facilitar o processo de ensino e aprendizagem, objetivando alcançar a heterogeneidade presente em sala de aula, o mesmo deve ter consciência que o desenvolvimento do raciocínio lógico de cada aluno se dar de forma diferente.

Essa metodologia quando bem utilizada, traz vantagens para o processo de ensino e aprendizagem. O professor tem a possibilidade de avaliar os procedimentos realizados pelos alunos durante a resolução de uma atividade, conseguindo relacionar esses procedimentos com os conceitos matemáticos, pode verificar o raciocínio lógico dos mesmos, nesse contexto, Moura e Viamonte (2006) asseguram que:

> O trabalho com jogos matemáticos na sala de aula traz algumas vantagens, a saber: detectar os alunos que estão com dificuldades reais; demonstrar se um assunto foi bem assimilado pelos alunos; o aluno torna-se mais crítico, alerta e confiante, expressando o que pensa, elaborando perguntas e tirando conclusões sem necessidade da interferência ou aprovação do professor; não

> existe o medo de errar, pois o erro é considerado um degrau necessário para se chegar a uma resposta correta; o aluno motiva-se com o clima de uma aula diferente, o que faz com que aprenda sem perceber (p.3).

Buscando pesquisar a efetividade da utilização dos jogos para o ensino da Matemática nas escolas paraibanas, região onde a prática de ensino, relatada no presente trabalho, foi desenvolvida, analisamos as orientações dos Referenciais Curriculares do Ensino Fundamental do Estado da Paraíba (2010) (RCEFEP). O documento apresenta um estudo referente ao desenvolvimento do ensino e aprendizagem da Matemática nos últimos anos no Estado da Paraíba. Tal pesquisa utiliza os dados e resultados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), o Sistema Integrado de Monitoramento do Ministério de Educação (SIMEC), o Relatório do Sistema de Avaliação da Educação (SAEB) de 2003 e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Em concordância com as ideias discutidas pelos autores supracitados, os RCEFEP apontam que a utilização dos jogos pedagógicos pode ser um bom recurso para o ensino da Matemática. O documento explica que a inserção de jogos matemáticas em contexto de sala de aula:

> [...] se bem planejada e com objetivos claros, envolve diversos aspectos positivos. Inicialmente, destacamos o fato de o jogo ser útil para ajudar na identificação de dificuldades conceituais, procedimentais ou atitudinais do estudante. Dependendo do conteúdo ou das regras nele envolvidas, o fato de os elementos conceituais serem apresentados em um contexto diferente do habitual permite identificar se o estudante é capaz de aplicar conhecimentos em situações que não são padrão. Por promover um ambiente de descontração, é possível perceber se todos participam com respeito aos colegas e ética (PARAÍBA, 2010, p. 75).

Mediante as potencialidades da utilização dos jogos apontadas pelos pesquisadores supracitados, no presente trabalho delineamos cuidadosamente alguns procedimentos metodológicos para o desenvolvimento de uma prática de ensino, a qual almejou analisar a efetividade dos jogos para o processo educativo da equação de primeiro grau e as quatros operações fundamentais da Matemática. Na sequência descrevemos os procedimentos que seguimos para a realização da intervenção didática.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Observando as dificuldades presentes na aprendizagem das equações de 1º grau, decorrentes da incompreensão das quatro operações básicas da Matemática, o presente trabalho

relata um estudo de sondagem de cunho qualitativo realizado com estudantes do 1º ano do Ensino Médio de duas escolas de rede pública da cidade de Monteiro - PB, uma da rede estadual e outra da pertencente à federal. Aspirando com isso, comparar o desempenho dos alunos frente a proposta de ensino em ambas as instituições.

A atividade foi desenvolvida primeiramente com os alunos da instituição federal. Nesta turma, tivemos a oportunidade de fazer um acompanhamento de longo prazo comparado a turma da instituição estadual, que ocorreu em apenas um único encontro. Nesta situação, a atividade consistiu na culminância de um Projeto de Nivelamento voltada para os alunos do 1º ano do Ensino Médio. O Projeto teve duração dois meses e teve como objetivo trabalhar alguns conteúdos da Matemática Básica.

Com turma pertencente à rede estadual, a atividade tratava-se de um pré-requisito da disciplina de Prática no Ensino de Matemática II. Para a execução da atividade, a professora Emily, professora da disciplina, nos orientou com relação a ação pedagógica a ser desenvolvida no momento de realização da atividade em contexto de sala de aula real.

A professora titular da turma da rede estadual de ensino nos disponibilizou o tempo duas aulas de 45 minutos (1 uma hora e 20 minutos), todavia por motivos de fatores internos da escola, tivemos um atraso bastante significativo de 30 minutos, o que prejudicou no desenvolvimento da intervenção, uma vez que, não tivemos tempo suficiente para analisar com maior profundidade o desempenho dos alunos como desejávamos.

É importante ressaltar que a dinâmica da aula e os procedimentos desenvolvidos foram os mesmo para ambas as turmas. Assim, inicialmente elucidamos para as turmas o que consistia ser um bingo matemático, no qual ser trabalha as quatro operações fundamentais e as equações de 1º grau. Em seguida, distribuídas as cartelas do jogo e explicamos as regras do jogo. Neste momento, explicamos que as fichas seriam sorteadas por um dos pesquisadores e descritas em voz alta para que pudessem resolver a equação descrita com o objetivo de marcar o resultado na cartela. Nesse processo, depois de as fichas serem chamadas eram registradas no quadro para que todos conseguissem acompanhar.

Em relação aos pesquisadores, havia duas monitoras as quais eram responsáveis por auxiliar os alunos no desenvolvimento dos cálculos; um monitor para chamar e registrar as fichas do bingo; e uma professora que orientou e auxiliou no desenvolver do jogo. Destacamos que a atividade seguiu os seguintes princípios:

Quadro 01 - Princípios da atividade

CONTEÚDO TRABALHADO	OBJETIVOS
– As quatro operações fundamentais da Matemática (adição, subtração, divisão e multiplicação); – Equações de 1º grau.	– Revisar o uso do algoritmo de operações básicas; – Conduzir o estudo das equações de 1º grau; – Fixar o algoritmo de resolução das operações e das equações de 1º grau.

Fonte: autoria própria

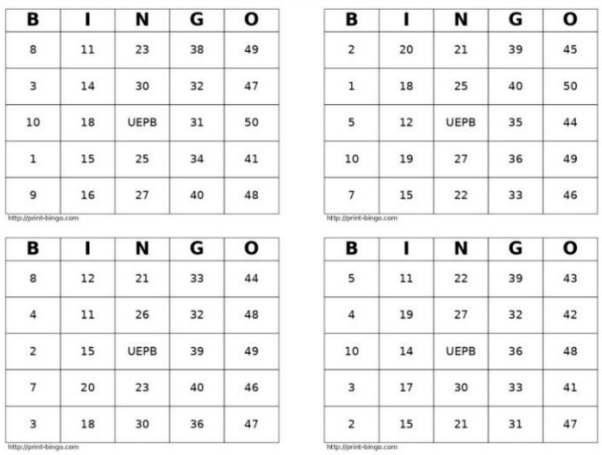
Para a confecção do jogo utilizamos como matérias: papel; lápis; cartela de bingo. As regras do jogo são: obter uma cartela do bingo, depois resolver os cálculos expostos e por fim, se por acaso o resultado assemelhar-se com algum presente na cartela, assina-la a mesma. E para a coleta de dados utilizamos como ferramenta o registro escrito das resoluções dos alunos, fotografias e os diálogos ocorridos ao longo da intervenção didática.

Quadro 02 - Modelo de fichas das operações sorteadas

EXPRESSÃO	RESULTADOS
5 + 4 + 8 + 2	19
66 – 8 – 6 – 9 – 13 – 4	26
19 x 2 + 2 x 4	46
315 / 9	35
5x + 6x – 16 = 3x + 2x - 4	2
2x + 10 = 24	7

Fonte: autoria própria

Figura 01 - Algumas das cartelas do bingo



Fonte: autoria própria

Consideramos que os procedimentos metodológicos realizados, proporcionaram caminhos frutíferos para o recolhimento dos resultados. Na sequência, discutimos estes aspirando analisar a efetividade do jogo Bingo para o ensino e aprendizagem das quatro operações fundamentais da Matemática e as equações de 1º grau.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na oportunidade, relatamos uma prática de ensino desenvolvida em duas turmas do 1º do Ensino Fundamental, uma da rede estadual de ensino e outra da rede federal, ambas localizadas na cidade de Monteiro – PB. Para uma melhor compreensão, apresentamos separadamente a descrição e análise dos dados recolhidos em ambas instituições.

O jogo Bingo Matemático foi escolhido, pois os alunos das demais idades e séries apresentam sérias dificuldades nas quatro operações básicas, por serem, geralmente, acostumados a realizar cálculos em calculadoras ou celulares. Esse fato, acaba sendo prejudicial para a aprendizagem dos alunos em diferentes aspectos educacionais. Assim, entendemos que o jogo pode permitir que os alunos desenvolvam atitudes de convívio social, importante na formação de cidadãos.

Objetivando preservar a identidade das instituições de ensino, nomeamos a instituição federal como sendo Instituição A e a instituição estadual como sendo Instituição B. Nas próximas linhas, discutimos os resultados coletados em ambas as instituições.

4.1. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA INTERVENÇÃO REALIZADA NA INSTITUIÇÃO A

Como foi relatado nas discussões inicias, nesta instituição tivemos a oportunidade de ter um maior tempo de interação com a turma. Isso permitiu um contato mais próximo com eles, o que tornou a atividade mais atrativa e comunicativa, favorecendo para a interação dos alunos com os pesquisadores, bem como para uma abertura para discussões de conhecimentos e objeções.

Iniciamos nossa atividade explicando que faríamos uma aula lúdica, revelamos que essa consistia no jogo de um Bingo Matemático, que envolvia as quatro operações fundamentais da Matemática e algumas equações de 1º grau. De imediato, os alunos mostraram-se entusiasmados e interessados, todavia alegaram não saber resolver as equações, creditando a dificuldade ao ensino no nível fundamental, no qual segundo eles, não haviam estudado ou que realmente não estavam lembrados do conteúdo e do meio de resolução.

Dando continuidade à aula, expomos as regras do jogo e demos inicio as jogadas do bingo. No decorrer expressões e operações sorteadas, os alunos apresentaram diversas dificuldades, dentre as observadas, destacados alguns no presente trabalho:

I) Dificuldade para resolver a operação 400 / 10

Observamos que a aluna X apresentou dificuldade para resolver a operação 400/10, em razão que a divisão envolvia dois algarismos no divisor. Diante disso, almejando auxiliar a aluna, apresentamos uma simplificação para o cálculo de divisão. No diálogo abaixo, apresentamos um trecho da conversação entre a aluna X e a pesquisadora A:

Quadro 03 - Diálogo entre Rebeka e a aluna X

Monitora A: Então, temos um "macete" para resolver essa divisão! Podemos usar uma decomposição do número 400, como fica? **Aluna X:** Como assim professora? **Monitora A:** Um número vezes outro que resulte em 400. Aluna: Ahh! Pode ser 4 vezes 100, ou 40 vezes 10. **Monitora A:** Isso, vamos usar como exemplo o 40 vezes 10, pois temos na nossa dúvida um denominador 10. **Aluna X:** Certo. **Monitora A:** Sabemos que um número dividido por outro é igual a 1, o mesmo ocorre no 10 dividido por 10 que temos na questão. Logo, sobrará 40 vezes 1, que é igual a 40. Compreendeu? **Aluna X:** Sim!

Fonte: acervo dos autores

Diante do exposto acima, é evidente que os alunos não compreendem os conceitos e propriedades envolvidos no cálculo aritmético. É possível observar que a fatoração do número 400 ainda não havia sido observada pelo aluno, e com a explicação da pesquisadora fica evidente que o mesmo ainda com receio, más que compreendia com clareza essa estratégia aritmética.

Apesar de termos encontrado algumas dificuldades ao longo do andamento do jogo, os alunos conseguiram progredir nesse decorrer bastante satisfeitos e dedicação. Observamos também que os alunos utilizaram diferentes métodos, como adição de parcelas iguais e multiplicação de números por tentativa, para realizar as operações presentes no jogo, o que tornou interessante a discussão dos resultados após o término da atividade com o compartilhamento de resoluções.

Diante das questões apresentadas anteriormente, a prática didática ocorreu com uma vasta interação dos alunos com o jogo que lhes fora apresentado. Partindo desta vertente, fomos buscar novos resultados com a segunda instituição de ensino.

4.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA INTERVENÇÃO REALIZADA NA INSTITUIÇÃO B

Como dito em outros momentos do texto, a intervenção nesta turma sofreu um atraso devido a alguns fatores internos da instituição de ensino. Nosso tempo era de uma hora e meia, contudo foi reduzido em, aproximadamente, uma hora. Iniciamos a atividade explicando para os alunos o objetivo e as regras do jogo, após isso, distribuímos as cartelas para finalmente dar início as jogadas.

Durante o desenvolvimento da atividade, percebemos que havia um certo desinteresse por parte dos alunos para com a proposta de ensino. Além das dificuldades gritantes que demonstraram em relação às operações básicas, dentre elas, o primeiro passo para iniciar o cálculo. Como também, os conflitos presentes na resolução de equações de 1º grau.

Outro desafio percebido durante a atividade foi que, por mais que tenhamos nos disponibilizado para esclarecer as possíveis dúvidas, os alunos não demonstraram interesse em buscar solucioná-las, mantendo-se em silencio quando avisávamos sobre nossa disponibilidade. Percebendo a problemática, a professora Emily, objetivando promover diálogos com os alunos, abordou alguns alunos levantando questionamentos com relação aos métodos de resolução adotados por eles. Logo abaixo, apresentamos no quadro 4 um trecho de um diálogo realizado neste momento:

Quadro 04 - Diálogo entre a professora Emily e o aluno R

Professora: Como você resolveu essa equação? (3 – x = 10) Comentário dos autores: o aluno não respondeu qual método foi utilizado para chegar ao resultado apresentado.

Fonte: acervo dos autores

O aluno R se manteve em silencio perante o inquérito da professora, algo bastante comum em muitos alunos, essa timidez pode ser por conta do aluno possuir vergonha de errar e aparentar ser menos inteligente que outros alunos, esse medo o impede de responder, mesmo que realmente saiba a resposta correta.

Este comportamento apresentado pelo aluno R, também foi observado na maioria dos alunos da turma. Assim, analisando a grande dificuldade dos alunos em resolver as equações, a professora Emily dirigiu-se ao quatro para explicar possíveis métodos de resolução de equações de 1º grau. Na oportunidade a professora demonstrou a forma que é geralmente vista na escola, na figura 02 apresentamos um registro do momento:

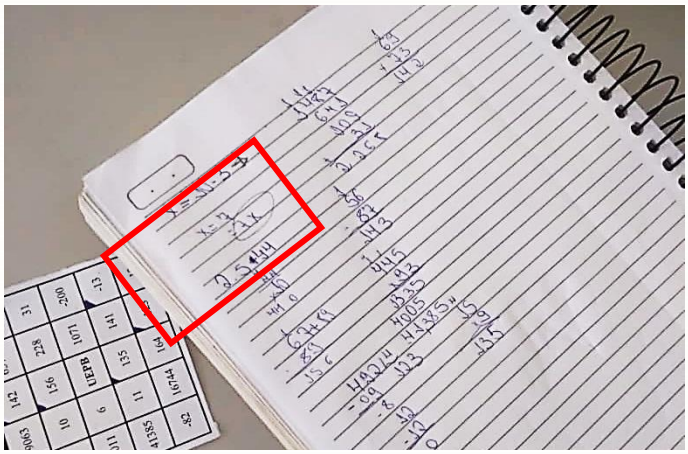
Figura 02 - Momento da explicação de métodos de resolução



Fonte: acervo dos autores

É importante destacar que, antes da professora apresentar alguns métodos de resolução de equações de 1º grau, os alunos tiveram a oportunidade de desenvolver seus próprios métodos de resolução. Abaixo, segue um método apresentado pelo aluno Z:

Figura 03 - Resolução do aluno Z



Fonte: acervo dos autores

Com o registro, analisamos que o aluno não consegue manter seu raciocínio fixo a um procedimento, ou seja, ele inicia corretamente, mas acaba perdendo-se durante o desenvolvimento dos cálculos. Ao mesmo tempo em que ele não consegue compreender o significado de igualdade, o mesmo não obtém distinções entre incógnitas e os números. Destacamos ainda que, ao questionar o aluno sobre o método de resolução adotado o mesmo não soube responder e apenas disse: “só fiz”.

Esses fatos podem ser vistos como uma situação agravante em relação ao conhecimento e aprendizagem dos alunos com relação às equações de 1º grau. Acarretando em agravantes que

vão sendo “deixados de lado” e resultam em problemas futuros, que interferem não apenas na vida escolar do aluno, tal como em seu cotidiano.

4.3. ARTICULAÇÃO DAS ANÁLISES

Observamos que as instituições em questão apresentam resultados divergentes, no que se refere a interação e desenvolvimento dos alunos. A quantidade de alunos, os diferentes métodos de ensino-aprendizagem passados por cada instituição, a base de conhecimentos dos alunos e, principalmente o interesse e a dedicação de ambos os alunos das demais instituições.

Outra observação refere-se à familiaridade que tínhamos com cada instituição, devido ao projeto que já tínhamos desenvolvido na Instituição A. Essa questão tem bastante relevância, pois os alunos demonstraram mais dispostos a discussões e questionamentos, – ponto importante para o desenvolvimento da aula.

E como já mencionado, para que o jogo seja um recurso potencializador de ensino, é indispensável o acolhimento do aluno em relação à atividade a ser desenvolvida. Pois para que o jogo auxilie em sua compreensão, é preciso querer aprender com o mesmo. Sobre este olhar, percebemos que o recurso foi melhor acolhido pelos alunos da Instituição A, posto que se mostraram mais interessados com a dinâmica da aula e com a busca pelo o conhecimento.

No que se refere as potencialidades do jogo para o ensino de equações de primeiro grau e as quatros operações fundamentas da Matemática, assim como os Referenciais Curriculares (PARAÍBA) afirmam, observamos que, a sua utilização permitiu melhor identificarmos as dificuldades conceituais, procedimentais ou atitudinais dos estudantes. Analisamos que, em ambas as instituições de ensino os alunos apresentam dificuldades conceituais dos significados das expressões algébricas das equações. Além disso, apresentaram dificuldades para seguir os procedimentos dos algoritmos de resolução, em razão que demonstraram dificuldades em manipular as expressões de maneira algébrica, para resolver então as equações e operações fundamentais - isso aconteceu principalmente com as operações de divisão e multiplicação, conforme o quadro 3 evidencia.

Os erros comuns entre a maioria dos alunos, apontadas por Cortés, Kavafian (1999) com relação a não identificação do que é uma equação ou uma incógnita, ou da falta de atenção na escrita de uma nova equação e erros envolvendo cálculos numéricos, também foi algo que observamos em ambas as instituições, demonstrando ser mais agravante na intuição B.

A elaboração de perguntas e a busca pelas conclusões, sem necessidade a interferência ou aprovação do professor, como afirma Moura e Viamonte (2006), foi observado apenas pela a turma da instituição A. Os alunos desta turma, durante toda intervenção mostram-se motivados e interessados em buscar compreender mais o conteúdo, apresentando, sempre que necessários questionamentos que o fizessem melhor compreender os mecanismos de resolução e representação das expressões matemáticas estudadas.

Corroborando com as ideias de Moura e Viamonte (2006) consideramos que o jogo pode trazer para a sala de aula algumas vantagens. Com o auxílio do Bingo Matemático conseguimos melhor detectar as reais dificuldades dos alunos, pois a medidas que as partidas eram desenvolvidas os alunos demonstraram como estavam assimilando os conteúdos estudados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos que a prática de ensino relatada nos proporcionou novas experiências em salas de aula, principalmente no nível de escolaridade do Ensino Médio. Pudemos observar a dificuldade que os alunos possuem em conteúdos estudados no Ensino Fundamental, o que justifica as dificuldades observadas no Ensino Médio.

Em relação ao jogo desenvolvido, pudemos observar que o mesmo possibilita a resolução de cálculos por meio de um raciocínio lógico para encontrar caminhos mais fáceis e instantâneos. Com isso, acaba que o jogo fortifica e acentua a construção das operações, ressaltando que essa estruturação é vista como um obstáculo para a resolução de cálculos pelos alunos. Outra potencialidade do jogo bingo está associada a detectar as dificuldades dos alunos e demonstrar como o assunto está sendo assimilado por ele. E claro, os alunos não terão medo de errar, por se tratar de um jogo, assim poderão se expressar melhor e acabar revelando suas dúvidas.

Consideramos também que, o desenvolvimento dessa atividade enriqueceu de maneira significante, na nossa formação acadêmica, bem como pessoal. Pois, nos proporcionou novos contatos educacionais, nos propiciando mais segurança dentro da sala de aula.

Tal como, pudemos observar nossos acertos e erros a serem trabalhados e aperfeiçoados. Como por exemplo, buscar meios que estimulem mais a concentração e participação dos alunos, para que a prática a ser desenvolvida possa ser mais dinâmica.

Apesar dos resultados satisfatórios analisados, entendemos que não existem apenas resultados positivos com a utilização do jogo. Mostrando que é indispensável que os alunos

tenham disposição, busquem compreender o que lhes são ensinados e que também tenham uma boa base de conhecimentos matemáticos.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P.N. (1998) Educação lúdica. São Paulo: Loyola. At all ANTUNES, Adriana Maria. **O Jogo Educação e Saúde:** Uma Proposta de Mediação Pedagógica no Ensino De Ciências**.** Experiências em Ensino de Ciências, 2010.

ANTUNES, Adriana Maria; SABÓIA-MORAIS, Simone Maria Teixeira. **O Jogo Educação e Saúde**: Uma Proposta De Mediação Pedagógica no Ensino De Ciências. Goiâna – GO, 2010.

BICUDO, M. A. V; GARNICA, A. V. **Filosofia da Educação Matemática.** Belo Horizonte: Autêntica, 2003.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática. Secretaria da Educação Fundamental.** Brasília: MEC/SEF, 1998.

GRANDO,ReginaCélia.**Oconhecimentomatemáticoeousodejogosnasaladeaula**.Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas,2000.

KISHIMOTO, M. T. (Org.). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação.** 12.ed. São Paulo: Cortez,2009.In:MACHINSK,A;TROBIA,J.Utilizandojogoscomoestratégiaparaoensino e Aprendizagem da matemática. Paraná,2016.

MOURA, Paula Cristina; VIAMONTE, Ana Júlia. **Jogos Matemáticos como Recurso Didáctico.** Universidade Portucalense, 2006. Disponível em:<http://www.apm.pt/files/_CO_Moura_Viamonte_4a4de07e84113.pdf >. Acesso em: 06 de julho de 2019.

PARAÍBA. **Referenciais Curriculares do Ensino Fundamental do Estado da Paraíba.Matemática. Ciências da Natureza. Diversidade Sociocultural.** Secretária do Estado da Educação e Cultura, João Pessoa – PB, 2010.

PARANÁ. **Diretrizes curriculares de matemática para a educação básica.** Secretaria de Estado da Educação – SEED, Curitiba: SEED, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Secretária da Educação. **Caderno do professor: matemática, ensino fundamental – 6ª série, volume 4.** São Paulo, 2009.

PRODUÇÃO DE MEMBRANAS CERÂMICASDE BAIXO CUSTO: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SINTERIZAÇÃO

Edilânia Silva do Carmo[1]
Leonardo Romero de Brito Silva[2]
Tellys Lins Almeida Barbosa[3]
Meiry Gláucia Freire Rodrigues [4]

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da temperatura de sinterização sobre as propriedades de membranas cerâmicas de baixo custo derivada a partir de matérias primas baratas. Este trabalho aborda o desenvolvimento de membranas de microfiltração de baixo custo a partir de matéria prima, como argila utilizando o método de compactação a seco uniaxial. Foi utilizado um molde de aço inoxidável onde foram prensadas com 4 toneladas, dando origem as membranas inorgânicas planas em forma de disco e sinterizadas a 650°C e 950°C. A argila Bofe foi caracterizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Difração de Raios X (DRX), e Adsorção física de Nitrogênio. As membranas foram caracterizadas por MEV, DRX, Resistência Mecânica, Porosidade e Fluxo de água pura. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da temperatura de sinterização sobre as propriedades de membranas de microfiltração de baixo custo derivada a partir de matérias primas baratas. Através dos resultados obtidos nas análises foi possível observar que a membrana que apresentou melhores resultados de fluxo de água e porosidade foi a membrana sinterizada a 950°C. Onde a mesma obteve maior fluxo de água pura no valor 147,00 L $m^{-2}h^{-1}$, enquanto que a membrana cerâmica sinterizada a 650°C obteve um maior fluxo de água pura no valor de 18,00L $m^{-2}h^{-1}$, valores esses que são justificáveis, pois a porosidade e o tamanho dos poros influenciam bastante no fluxo do permeado.

Palavras-chave: Membrana de baixo custo, Argila bofe, Membrana Cerâmica,Sinterização.

INTRODUÇÃO

Uma membrana, de maneira geral, é uma barreira que separa duas fases e que restringe total ou parcialmente o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases.(ZHAO et al 2011). Na maioria dos casos, o módulo de membrana consiste em uma entrada (alimentação) e duas saídas. A parte do fluido que passa através da membrana é chamado o permeado, enquanto o retentado é o líquido que consiste dos elementos retidos.

[1] Doutoranda em Engenharia Químicada Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, edilania.carmo@eq.ufcg.edu.br;
[2] Graduando em Engenharia Químicada Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, leooromero1998@gmail.com;
[3] Doutorado em Engenharia Químicada Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, tellyslins@hotmail.com;
[4] Professora do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, meiry.rodrigues@ufcg.edu.br;

Geralmente, uma membrana cerâmica tem uma assimetria estrutura composta por três camadas: A camada esterna forma um suporte macroporoso e fornece uma alta resistência mecânica para a membrana fabricada. O segundo é a camada interna garantindo a separação. A camada intermediária liga as camadas internas e externas (LI, 2007).

Durante as últimas décadas, as aplicações da membrana cerâmica aumentaram devido às suas excelentes propriedades químicas, térmicas e estabilidade mecânica e maior eficiência de separação (BENITO et al., 2005; VASANTH et al 2013). No futuro próximo, a exploração de novos tipos de materiais cerâmicos e técnicas de fabricação simples poderia desempenhar um papel significativo para a preparação de membranas de baixo custo. A base de alumina membrana cerâmica para aplicação industrial é limitada devido à maior custo e temperatura de sinterização (YANG 1998). Portanto, as membranas cerâmicas de baixo custo à base de argila seriam ainda aplicáveis as indústrias. Muitos pesquisadores usaram argilas de baixo custo, como argila in natura, argila marroquina, argila tunisiana, argila sepiolita, argila argelina, dolomita e caulim (MESTRE et al 2019).

A argila esmectítica é uma das matérias-primas mais baratas da membrana, disponível no Brasil. A argila é um material natural, terroso, de granulação fina, que geralmente adquire, quando umedecida com água, certa plasticidade; quimicamente, as argilas são formadas essencialmente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio (SOUZA SANTOS, 1992).

Vários pesquisadores relataram o uso de argila como material de partida com outros aditivos para aplicações em membranas (NANDI et al 2011).

A elaboração de membranas cerâmicas porosas utilizando materiais de baixo custo tem atraído muito interesse. Com efeito, a escolha de matérias-primas adequadas (incluindo aditivos ou ligantes) é crítico para o desempenho da membrana. No entanto, com a crescente necessidade de recursos mais eficientes, com desempenho superior, muitos estudos foram conduzidos selecionando matérias-primas baratas adequadas para o uso pretendido e, em seguida, ajustando características e, portanto permitindo que as membranas cerâmicas sejam adaptadas para gama de aplicações industriais. Muitas tentativas foram feitas por pesquisadores para produzir membranas cerâmicas porosas a partir de materiais específicos, mas usas aplicações industriais permanecem muito limitados devido ao alto custo das matérias-primas utilizadas.

Desempenho das membranas, essencialmente a sua permeabilidade e rejeição, pode afirmar a sua utilização em muitos campos, nomeadamente bebidas e alimentos, farmacêutica,

biotecnologia, indústrias petroquímicas bem como tratamento de água e vários outros problemas ambientais.

Este trabalho faz parte de uma série que vem pesquisando a obtenção e caracterização de membranas, visando seu uso no tratamento de resíduos oleosos, têxteis e com metais pesados (SCHEIBLER et al ., 2014; BARBOSA et al., 2015; CUNHA, 2017; SOUZA CUNHA et al., 2018; BARBOSA et al., 2018; BARBOSA et al 2018; BARBOSA et al 2019; BARBOSA et al., 2019; BARBOSA et al., 2019).

Levando-se em consideração que o Estado da Paraíba possui as maiores reservas brasileiras de argilas esmectíticas. O objetivo deste trabalho é estudar a influência da temperatura de sinterização sobre as propriedades de membranas cerâmicas de baixo custo produzidas a partir de matérias- primas baratas, tais como argila Bofe.

METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Química, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG).

Materiais

As matérias-primas utilizadas neste trabalho são argila bofe (14,25 g) e amido de milho (0,75 g). A argila foi fornecida pela empresa Bentonisa – Bentonita do Nordeste S.A., situada no município de Boa Vista, Paraíba, Brasil. A matéria-prima foi utilizada sem purificação adicional. O amido de milho é utilizado como agente formador de poros.

Preparação das Membranas

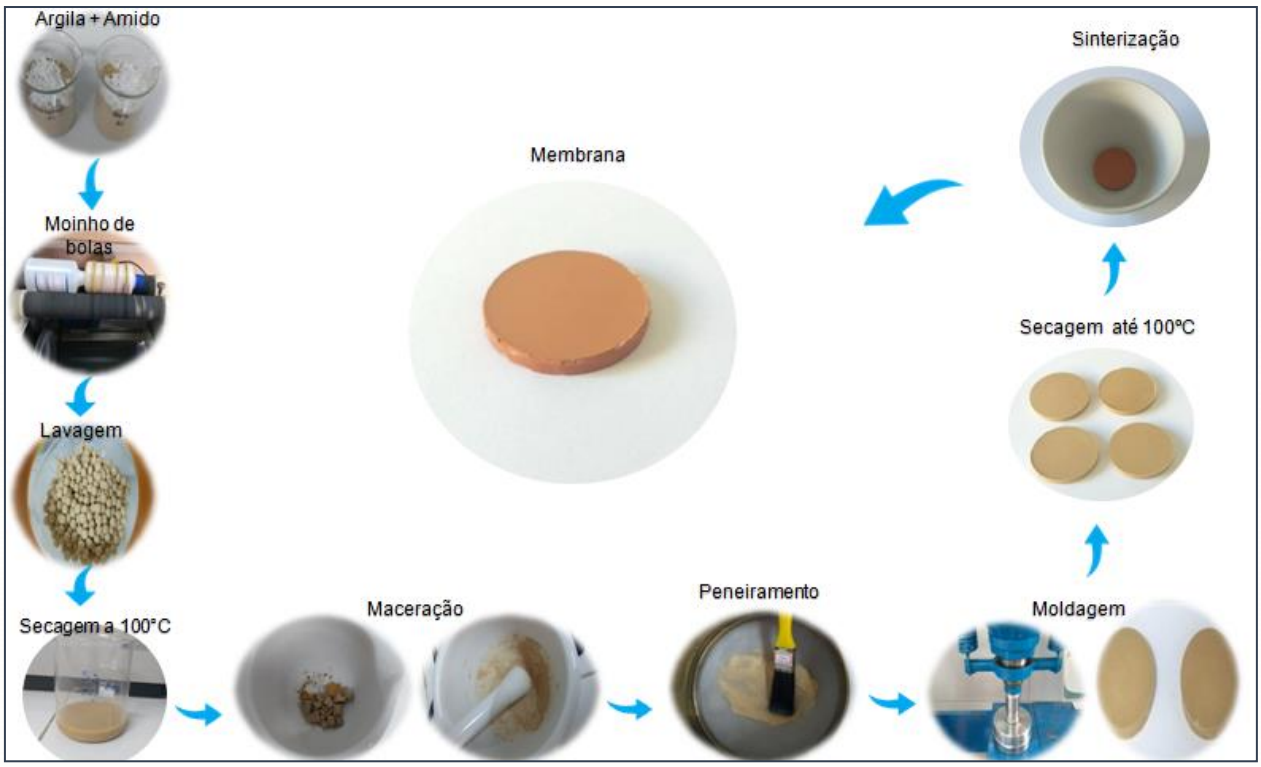
As matérias-primas foram misturadas em um moinho de bolas por 1 hora. O pó resultante foi então peneirado usando um uma peneira padrão de 150 mesh. A quantidade necessária foi então pressionada a uma pressão de 5 ton por 2 min com a ajuda de molde de aço inoxidável para produzir um disco em forma membrana. A membrana preparada (22 mm de diâmetro e 4 mm espessura) foi primeiramente seca a 100 °C por 24 h para remoção completa de umidade.

Após a secagem, as membranas foram sinterizadas: a sinterização a 650 °C foi realizada por 1 h com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min em um forno ; a 950 °C foi

realizada com vários patamares: (1) com uma rampa de aquecimento de 5 °C/min de 25°C com patamar até 250°C, (2) em seguida o segundo patamar foi de 250°C até 750°C e o (3) terceiro patamar foi de 750°C até 950°C.

Na Fig. 1 estão apresentadas as etapas de preparação das membranas de baixo custo.

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DE PREPARAÇÃO DAS MEMBRANAS CERÂMICAS



Caracterização

Difração de raios-X (DRX)- Neste trabalho foi utilizado o método de varredura que consiste na incidência dos raios X sobre a amostra em forma de pó, compactada sobre um suporte. O aparelho utilizado é da marca Shimadzu XRD-6000 com radiação CuKα, tensão de 40 KV, corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,020 2θ e tempo por passo de 1 s, com velocidade de varredura de 2º(2θ)/min, com ângulo 2θ percorrido de 2 a 50º.

Capacidade de Troca de Cátions (CTC) - Para determinação da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) foi utilizado um destilador de Kjeldahl modelo MA-036Plus. A metodologia seguida foi relatada por (CUNHA, 2013).

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) - As micrografias das amostras foram obtidas através de um microscópio eletrônico de varredura da marca Shimadzu, modelo SSx 550.

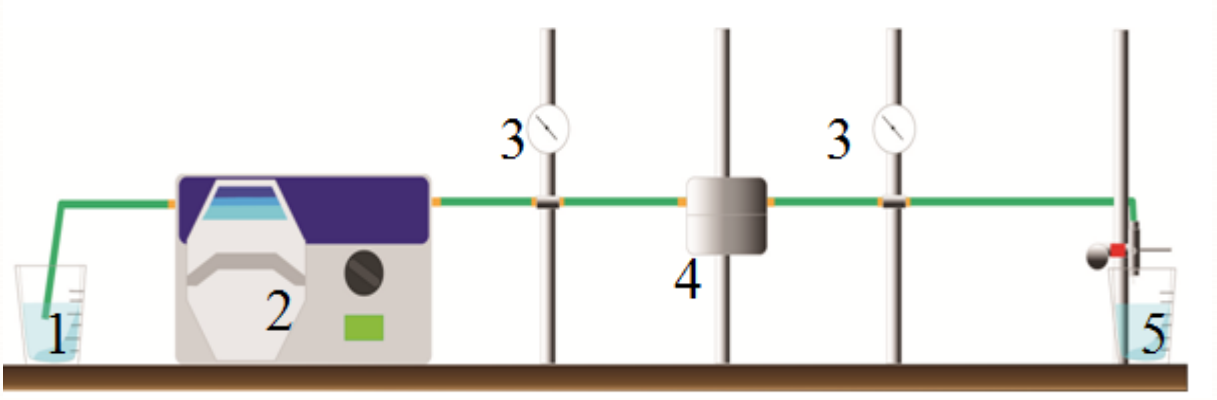
Adsorção Física de Nitrogênio- O método BET baseia-se no fenômeno de adsorção de um gás a uma dada pressão relativa P/P_o formando uma monocamada de cobertura na superfície do material adsorvente. O método permite estabelecer uma relação entre energia de adsorção na primeira camada adsorvida e a magnitude das interações adsorvente/adsorbato. Assim, quanto maior a quantidade de gás adsorvido, maior será a área superficial do adsorvente sob análise Para realização da análise de AdsorçãoFísica de Nitrogênio utilizou-se um aparelho ASAP-2020 da Micromeritics.

Resistência Mecânica - A resistência mecânica do suporte cerâmico foi de acordo com a norma técnica ASTM C158 numa máquina de teste universal (Instron 1000 KN EMIC). O teste de compressão foi utilizado para avaliar a resistência à tração do suporte cerâmico.

Porosidade-O método utilizado foi baseado no Princípio de Arquimedes. O método segue a norma ASTM C 20 (2000).

Fluxo de água-Uma configuração foi usada para experimentos de permeação com água pura como mostrado na Fig. 2. O sistema é constituído por um tanque de alimentação (Becker de 500ml) (1), uma bomba peristáltica- Cole Parmer (bomba de alimentação) (2), dois manômetros (3), um módulo de aço inoxidável (4), e reservatório para o permeado (Erlenmeyer 125 ml) (5). As condições utilizadas nos experimentos foram temperatura de 25°C e pressão de 2 bar.

FIGURA 2 – SISTEMA EXPERIMENTAL PARA TESTE DE MICROFILTRAÇÃO.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da matéria prima (argila Bofe)

Na Tab. 1 estão apresentados os resultados obtidos das medidas de adsorção física de N_2, calculados a partir das isotermas, volume de poros e área superficial específica, para a argila bofe.

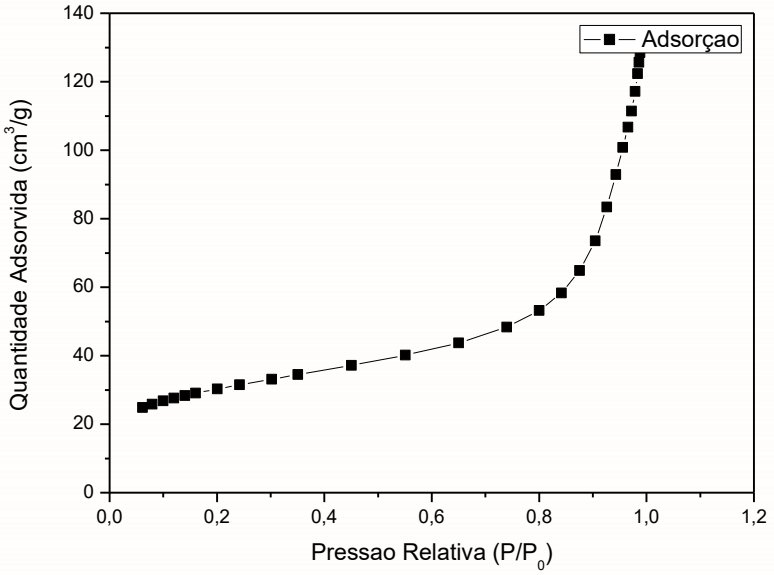
TABELA 1 – MEDIDAS DE ADSORÇÃO FÍSICA DE N_2.

Argila	Área BET ($m^2.g^{-1}$)	Microporos Volume ($m^2.g^{-1}$)	Mesoporos Volume ($m^2.g^{-1}$)
Bofe	105	0, 0120	0, 1831

Observa-se que a argila bofe natural possui um valor de área superficial específica de 105 $m^2.g^{-1}$, valor que se assemelha aos determinados por Rodrigues (2003) que encontrou para argila vermelha, 103 $m^2.g^{-1}$ e Oliveira (2012) que encontrou uma área específica para argila BSN-03 de 120 $m^2.g^{-1}$. Valores típicos de argilas esmectíticas e desejados para materiais microporosos, utilizados em processos adsortivos. A argila bofe natural, apresentou também volumes de mesoporossuperiores ao volume de microporos(RODRIGUES, 2009; SILVA e FERREIRA, 2008; VIEIRA et al., 2010).

A isoterma de adsorção de N_2 da argila Bofe natural pode ser visualizada na Fig.3.

FIGURA 3 – ISOTERMA DE ADSORÇÃO DA ARGILA BOFE.



Na Fig. 3 está ilustrada a forma característica da formação de uma isoterma de adsorção, classificada como tipo II ou isoterma BET, característica da formação de múltiplas camadas de moléculas adsorvidas na superfície sólida. Este tipo de isoterma sigmoidal (forma 'S') é frequentemente encontrada em sólidos não porosos ou com poros maiores que microporos, o que explica os baixos valores de volume microporoso (LIMA et al., 2012).

Observa-se também que na região de baixa pressão, de P/P_0 = 0 a 0,2, a adsorção ocorre na superfície externa das partículas e a superfície de microporos, se tais poros (diâmetro 0-2 nm) existem. Em altas pressões relativas ($0,4 < P/P_0 < 0,95$), a adsorção da segunda e terceira camada, ocorre acompanhada pela condensação em mesoporos (4-40 nm). Finalmente, às pressões relativas > 0,95, a condensação em macroporos (40 nm) ocorre (BERGAYA, THENG e LAGALY, 2006).

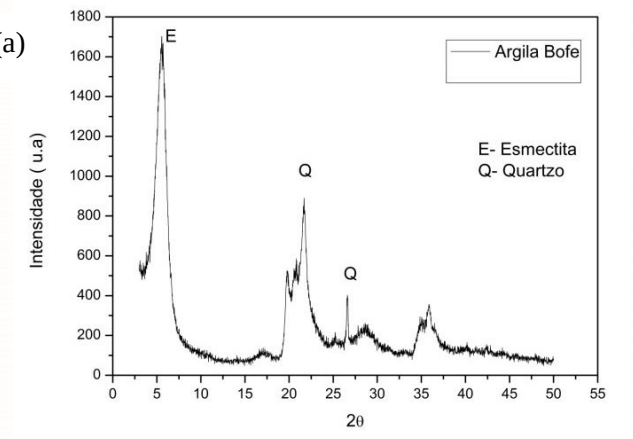
Por meio do método do acetato de amônio realizado em equipamento de Kjeldahl, obteve-se o valor de 71 meq/100g de argila. Souza Santos (1992) relata que valores de CTC de argilas esmectitas encontram-se na faixa de 3 a 150 meq/100g e Pereira (2007) afirma que esses valores altos de capacidade de troca catiônica, indicam que a argila apresenta uma baixa quantidade de impurezas ou um alto nível de substituições isomórficas. Paiva, Morales e Valenzuela-Díaz (2008b)afirmam que valores situados entre 60 e 150 meq/100g também podem ser encontrados na literatura, sendo assim o valor da capacidade de troca catiônicas (71 meq/100g) da argila Bofe natural está de acordo com a faixa encontrada na literatura para argilas esmectitas.

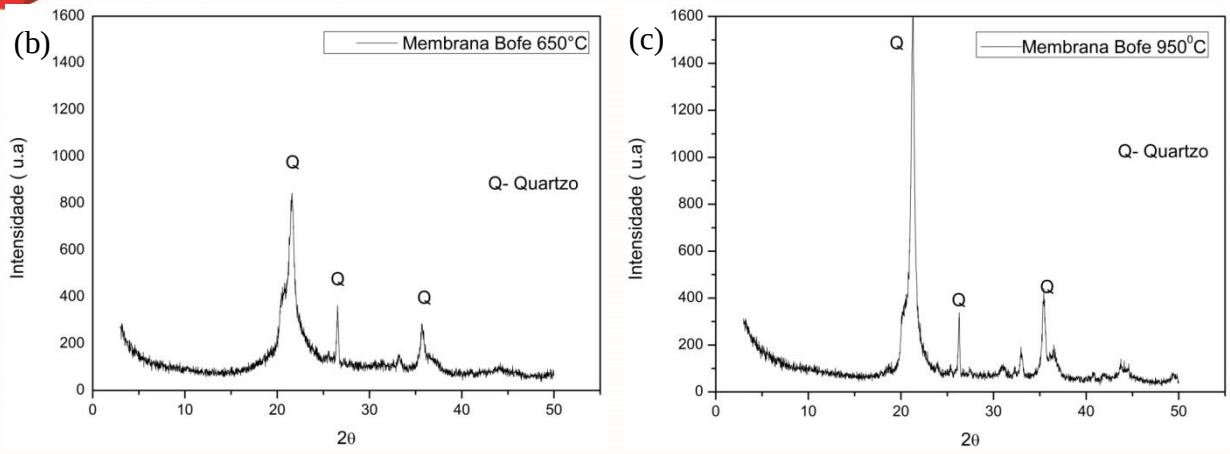
Na Figura 4 estão apresentados os difratogramas da argila bofe, membranas cerâmicas sinterizadas a 650 °C e 950 °C.

.

FIGURA 4 – DIFRATOGRAMAS DA ARGILA E DAS MEMBRANAS CERÂMICAS SINTERIZADAS A 650 °C E 950 °C.

(a)





A identificação de fases é de grande importância antes de qualquer fabricação de membranas.

Por meio do difratograma é possível verificar que a argila bofe apresenta reflexão do grupo da esmectita (E) que aparece em aproximadamente 5,6º e corresponde ao espaçamento basal (d_{001}) de 17,5 Å equivalente à 1,75 nm, que é característico de uma montmorilonita hidratada. Observam-se também outros picos que são referentes a mineral não esmectítico como o quartzo que se apresenta como impureza (CHOY et al., 1997; SHEM, 2001; WANG et al., 2004; XI et al., 2010; SOUZA, MOTA e RODRIGUES, 2012).

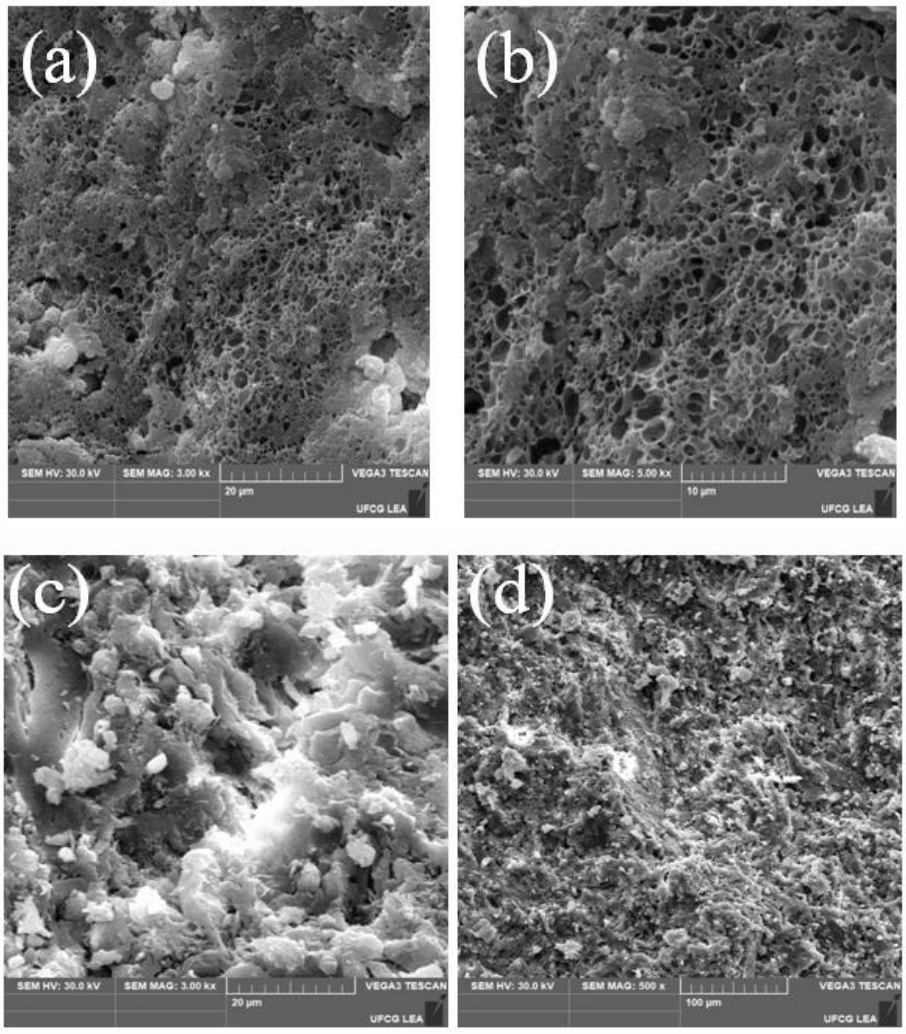
Os padrões de DRX foram realizados para investigar as fases formadas na membrana cerâmica durante a sinterização. Na Fig. 4 apresentam os padrões de DRX da membrana cerâmicas sinterizadas a 650 °C e 950 °C e da argila Bofe.

A estabilidade térmica é uma propriedade importante damembrana que deve ser considerada, neste sentido investigar as modificações após o tratamento térmico é crucial. Analisando os difratogramas (Fig.4), é possível verificar que após a ativação térmica ocorreram de fato modificações estruturais. Os picos referentes às argilas esmectitas foram afetados, este fato foi evidenciado pela diminuição da intensidade do pico característico da esmectita. Este fato confirma a influência dos tratamentos térmicos (650°C e 950°C) sobre as propriedades estruturais da membrana cerâmica.

Os picos correspondentes ao quartzo não são alterados em todos os padrões de DRX, o que confirma a estabilidade térmica da fase.

Nas Fig.5a-d estão apresentadas as imagens obtidas no MEV para as membranas cerâmicas sinterizadas a 650 °C e 950 °C.

FIGURA 5– IMAGENS OBTIDAS PORMEV DA MEMBRANA CERÂMICA SINTERIZADA A 650 °C (A E B), DA MEMBRANA CERÂMICASINTERIZADA A 950 °C (C E D).



A Fig. 5 ilustra as imagens das membranas cerâmicas sinterizadas em duas temperaturas diferentes (650 °C e 950 °C). As duas membranas mostraram superficies com estruturas morfológicas rugosas . Constata-se a partir das micrografias que a morfologia das membranas cerâmicas depende da temperatura de sinterização.

A membrana cerâmica sinterizada a baixa temperatura (650°C) mostra uma estrutura altamente porosa(Fig. 5 A e B). A membrana sinterizada a 950°C está mais consolidada (Fig. 5C e D) devido ao fato de que, para temperaturas de sinterização 950°C as partículas se aglomeram originando uma membrana cerâmica mais densa.

Uma observação superficial do MEV indica que as membranas não possui nenhuma fissura.

Os valores de diâmetro médio de poros, porosidade e resistência mecânica das membranas cerâmicas sinterizadas a 650°C e 950°C são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2 – VALORES DE POROSIDADE E RESISTÊNCIA MECÂNICA E DIÂMETRO MÈDIO DOS POROS.

Temperatura (°C)	Porosidade (%)	Resistência Mecânica (Mpa)	Diâmetro médio dos poros (µm)
650	60	13,87	2,3
950	86	8,01	3,9

A partir dos valores encontrados na Tab. 2, é claramente visível que a porosidade, a resistência mecânica e o diâmetro médio dos poros se modificam com a temperatura de sinterização.

Os resultados encontrados mostram que para a membrana cerâmica sinterizada a 650ºC foram obtidos os valores : 60% de porosidade e 13,87 Mpa de resistência mecânica.

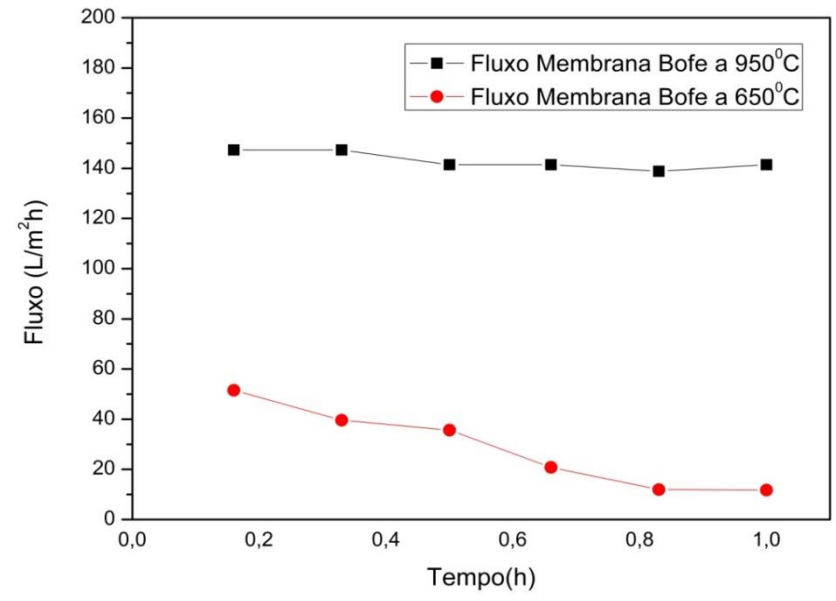
Os resultados encontrados mostram que para a membrana cerâmica sinterizada a 950°C foram obtidos os valores de 86% de porosidade e 8,01 Mpa de resistência mecânica.

Os diâmetros médios dos poros encontrados são de 2,3µm e 3,9 µm. Esses atributos da membraba a tornam adequadas para aplicações de microfiltração.

Fluxo de água das membranascerâmicas sinterizadas a 650°C e 950°C

As medidas de fluxo de água pura para as membranas cerâmicas (sinterizadas a 650 °C e 950 °C) foram realizadas a . pressão de 2,0 bar e temperatura de 25 °C em função do tempo são mostradas na Fig. 6.

FIGURA 6 –FLUXO PERMEADO DE ÁGUA PURA EM FUNÇÃO DO TEMPO PARA AS MEMBRANAS CERÂMICAS.



Identifica-se que o fluxo de água na membrana bofe sinterizada a 950 °C manteve-se constante durante 1 hora de operação do sistema. O valor do fluxo de água pura através da membrana foi de 147,00 L $m^{-2}h^{-1}$.

Para a membrana bofe sinterizada a 650 °C, verifica-se a redução do fluxo de água pura durante 1 hora de operação do sistema. O maior valor do fluxo de água foi de 18,00 L $m^{-2}h^{-1}$ nos primeiros minutos de operação.

Parâmetros de microestrutura, tais como, tamanho do poro e porosidade das membranas cerâmicas tem uma grande influência no fluxo de permeado (LI et al., 2006).Evidencia-se, a partir da Fig. 6 que existe diferença nos comportamentos dos fluxos de água pura para as duas membranas cerâmicas. Este fato pode ser explicado pelas diferentes temperaturas de sinterização utilizadas (650°C e 950ºC), indicando que as membranas apresentam características como porosidade, diâmetro médio de poro e tortuosidade distintos.Conforme apresentado anteriormente, os valores de porosidade e diâmetro médio dos poros encontrados para as membranas cerâmicas sinterizadas foram distintos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As membranas cerâmicas foram preparadas utilizando o método de compactação a seco uniaxial e foram sintetizadas a 650°C e 950°C. A membrana sinterizada a 950°C apresentou melhor resultado para o fluxo de água que a membrana sinterizada a 650°C, o que confirma que a temperatura de sinterização influência diretamente nas características estruturais da membrana.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Fundação de Apoio á Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ/Pb) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (Capes) pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, A.S.; BARBOSA, A.S.; RODRIGUES, M.G.F. Y-Type Zeolite Membranes: Synthesis by Secondary by Method and Applicationin Treatmen tof Oily Effluents Mater. Sci. Forum. 958, (2019) 23. . http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.958.23

BARBOSA, A.S.; BARBOSA, A.S.; RODRIGUES, M.G.F. Contaminants Removal in Waster water Using Membrane adsorbents zeolite Y/alpha-alumina. **Materials Science Forum**. v. 912 p. 12-15, 2018.(A) http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.912.12.

BARBOSA, A.S.; BARBOSA, A.S.; RODRIGUES, M.G.F. Synthesis of zeolite membrane (NaY/alumina): Effect of precursor of ceramic support and its application in the process of oil–wate rseparation. **Separation and Purification Technology**, v. 200 p. 141-154, 2018.(B) https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.02.001

BARBOSA, A.S.; BARBOSA, A.S.; RODRIGUES, M.G.F. Synthesis of zeolite membrane (MCM-22/α-alumina) and its application in the process of oil-water separation, **Desalination and water treatment**, n. 1, p. 1-8, 2015.http://doi.org/10.1080/19443994.2014.995719

BARBOSA, T. L. A.;DO CARMO, E. S.;RODRIGUES, M. G. F., Desenvolvimento de membrana de baixo custo a partir de argila brasileira para tratamento de efluentes oleosos e reuso, **XXI Congreso Argentino de Catálisis, X Congreso de Catalisis del Mercosur**, Santa Fé, Argentina, 2019 (aceito) (A).

BARBOSA, T. L. A.;DO CARMO, E. S.;RODRIGUES, M. G. F., Argila organofílica como adsorvente e membrana de baixo custo para aplicação em tratamento de efluentes oleosos, **Congresso Brasileiro de catálise**, São Paulo, Brasil, 2019 (Brasil) (aceito) (B).

BEJJAOUI, R.; BENHAMMOU, A.; NIBOU, L.; TANOUTI, B.; BONNET, J. P.; YAACOUBI, A.; AMMAR, A. Synthesis and characterization of cordierite ceramic from Moroccan Steven site and andalusite. **Applied Clay Science**, v. 49, n. 3, p. 336-340, 2010.

BERGAYA, F.; THENG, B. K. G.; LAGALY, G. **Handbook of Clay Science**. Elsevier, 2006.

BENITO, J. M.;, A.; RUBIO, F.; RODRUIGUEZ, M. A. Preparation and characterization of tubular ceramic membranes for treatment of oil emulsions, **Journal of the European ceramic Society**. V. 25,p.1895-1903, 2005.

CHOY, J. H.; KWAK, S. Y; HAN, Y. S.; KIM, B. W. New organo-montmorillonite complexes withhydrophobicandhydrophilicfunctions. **MaterialsLetters**, v. 33, p. 143-147, 1997.

COLLE, R. D.; FORTULAN, C. A.; FONTES, S. R. Manufacture and characterization of ultra and microfiltration ceramic membranes by isostatic pressing. **Ceramics International**, V. 37, P. 1161-1168, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da**

República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 maio de 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 09 fev. 2019.

CUI, J.; ZHANG, X.; LIU, H.; LIU, S.; YEUNG, K. L. Preparation and application of zeólita/ceramic microfiltration membranes for treatment of oil contaminated water. **Journal of Membrane Science**, v. 325, p. 420-426, 2008.

CUNHA, R. S. S. **Preparação e caracterização de membranas compósitas tubulares aplicadas a separação de emulsão óleo/água**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

ELOMARI, H.; ACHIOU, B.; OUAMMOU, M.; ALBIZANE, A.; BENNAZHA, J.; ALAMIYOUNSSI, S.; ELAMRANI, I. **Desalination and water treatment**, p. 1-9, 2015. DOI. 10.1080/19443994.2015.1110722.

GONZÁLEZ, G.; FRANCO, Z. A.; TAVARES, A. F. C.; DIBAI, A. J. V.; PORTO, J. H. S. **Emulsões e borras (parte 1): teoria da formação e quebra das emulsões**. Boletim Técnico. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, v. 31, p. 95-103, 1988.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de Separação por Membranas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

HARABI,A.; ZENIKHERI, F.; BOUDAIRA, B.; BOUZERARA,F.; GUECHI,A.; FOUGHALI. A new and economic approach to fabrica teresistant porous membrane supports using kaolin and CaCO3, **Journal of the European Ceramic Society**,v. 34p.1329–1340, 2014.

ISSAOUI, M.; LIMOUSY, L. Low-cost ceramic membranes: synthesis, classifications, and aplications, C. R. **Chimie**,v.22, p. 175-187, 2018. https://doi.org/10.1016/j.crci.2018.09.014

KOLTUNIEWICZ, A.B.; FIELD, R.W.; ARNOT, T.C. Cross-flowand dead-end microfiltration of oil-water emulsion. I. Experimental study and analysis of flux decline, **Journal of Membrane Science**, v.102 p.193-207, 1995.

LI, K. Ceramic Membranes for Separation and Reaction, **John Wiley& Sons**, Inc,Chichester, 2007.

LI, W.; XING, W.; XU, N. Modeling of relation ship between water permeability and microstructure parameters of ceramic membranes. **Desalination**, v. 192, p. 340-345, 2006.

LIMA, W. S.; BRITO, A. L. F.; RODRIGUES, M. G. F. Adsorção de Zinco a partir de soluções aquosas usando argila Brasgel. **Scientia Plena**, v.8, p.1-3, 2012.

MESTRE, S.; GOZALBO, A.; LORENTE-AYZA, M. M.; SÁNCHEZ, E. Low-cost ceramic membranes: A research opportunity for industrial application. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 22, p. 175-187, 2019.

MOTA, M. F.; SILVA, J. A.; QUEIROZ, M. B.; LABORDE, H. M.; RODRIGUES, M. G. F. Organophilic clay for oil/water separation process by finite bath tests. **Brazilian Journal of Petroleum and Gas**, v. 5, p. 97-107, 2011.

NANDI, B. K.; UPPALURI, R.; PURKAIT, M. K. Identification of optimal membrane morphological parameters during microfiltration of mosam bijuice using low cost ceramic membranes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 214-223, 2011.

OLIVEIRA G. C. **Utilização de adsorventes (carvão ativado e argilas organofílicas) no processo de separação de emulsões óleo/água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

OLIVEIRA, G. C.; MOTA, M. F.; SILVA, M. M.; RODRIGUES, M. G. F.; LABORDE, H. M. Performance of natural sodium Clay treated with ammonium salt in the separation of emulsified oil in water. **Brasilian Journal of Petroleum and Gas**, v. 6, p. 171-183, 2012.

PEREIRA, K. R. O.; RODRIGUES, M. G. F.; VALENZUELA-DIAZ, F. R. Síntese e caracterização de argilas organofílicas: comparação no uso de dois métodos. **RevistaEletrônica de Materiais e Processos**, v. 2, p. 1-8, 2007.

PUGAZHENTHI, G.; SACHAN, S.; KISHORE, N.; KUMAR, A. Separation of chromium(VI) using modified ultrafiltration charged carbon membrane and its mathematical modeling. **Journal of Membrane Science,** v. 254, n. 1-2, p. 229-239, 2005.

RODRIGUES, S. C. G.; QUEIROZ, M. B.; PEREIRA, K. R. O.; RODRIGUES, M. G. F.; VALENZUELA-DIAZ, F. R. Comparative study of organophilic clays to be used in thegas & petroli ndustry. **Materials Science Forum**, v. 660, p. 1037-1042, 2010 (a).

RODRIGUES, S. C. G.; RODRIGUES, M. G. F.; PEREIRA, K. R. O.; VALENZUELA-DÍAZ, F. R. Performance ororganophilic Clay as adsorbent in theoil/water separation process. **Brazilian Journal of Petroleum and Gas**, v. 4, p. 49-58, 2010 (b).

SCHEIBLER, J. R.; SANTOS, E. R. F.; BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Performance of zeolite membrane (ZSM-5/γ-Alumina) in theoil/water separation process. **Desalination and water treatment,** v. 52, n. 1, p. 1-7, 2014.

SCHEIBLER, J. R.; SANTOS, E. R. F.; BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Performance of zeolite membrane (ZSM-5/gamma-Alumina) in theoil/Waters preparation process. **Desalination and water treatment,** v. 56, p. 3561-3567, 2014. http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.805.272

SHEM, Y. H. Preparations of organo bentonite using noni on icsurfactants. **Chemosphere**, v. 44, p. 989-995, 2001.

SILVA, A. A.; MELO, K. S.; MAIA, J. B. N. Estudo do potencial de separação água/óleo de membranas ceramincas tubulares de alumina através da análise das medidas de fluxo e turbidez. In: **2° Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003.

SOUZA CUNHA, R.S.; MOTA, J.D.; MOTA, M.F.; RODRIGUES, M. G. F.; MACHADO, F., preparation and characterization of tubular composite membranes and their application in water flow measurements, **Materials Science Forum**, v. 912, p. 263-268., 2018. http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.912.263.

VASANTH, D .; PUGAZHENTHI, G.; UPPALURI, R. Fabrication and properties of low cost ceramic microfiltration membranes for separation of oil and bactéria its solution, **Journal of Membrane Science**. V. 379 p. 154-163, 2011.

WANG, C. C.; JUANG, L. C.; LEE, C. K.; HSU, T. C.; LEE, J. F.; CHAO, H. P. Effects of ex changed surfactant cátions on the por estructure anda dsorption characteristics of montmorillonite. **Journal Colloid Interface Science**, v. 280, p. 27-35, 2004.

WANG, C.; JIANG, X.; ZHOU, L.; GUANGQIANG X.; CHEN ZHENG, J.; MING D.;X, I. A. J. The preparation of organo-bentonite by a new gemini and its monomer surfactants and the application in MO removal: A comparativ estudy. **Chemical Engineering Journal**, v.219, p.469-477, 2013.

ZAWRAH, M. F.; KHATTAB, R. M.; GIRGIS, L.G.; SHEREEFY, E. E. E.; SAWAN, S. E. Effect of CTAB as a foaming agent on the properties of alumina ceramic membranes. **Ceramic International**, v. 40, n. 4, p. 5299-5305, 2014.

ZHANG, Z. Z.; SPARKS, D. L.; SCRIVNER, N. C. Sorption and desorption of quaternary amine cationson clays. **Environmental Science & Technology**, v. 27, n. 8, p. 1625-1631,1993.

ZHAO, Q.; AN, Q. F.; JI, Y.; QIAN, J.; GAO, C. Polyelectrolyte complex membranes for pervaporation, nanofiltration and fuel cell applications. **Journal of Membrane Science**, v.379, p.19–45, 2011).

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: ANÁLISE DE PATENTES SOBRE JOGOS EDUCATIVOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Egle Katarinne Souza da Silva [1]
Everton Vieira da Silva [2]
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira [3]
Francisco Antonio Mabson Henrique Lopes[4]

RESUMO

As pesquisas baseadas em estudos prospectivos dão suporte aos pesquisadores quando estes desejam identificar o que existe registrado nos bancos de dados sobre invenções tecnológicas de determinadas áreas de pesquisa. Desenvolveu-se esta prospecção tecnológica com o objetivo de verificar as patentes registradas sobre Jogos Educativos para o Ensino de Química, utilizando-se das seguintes palavras-chave: Jogo Digital; Jogo Educativo; Jogo Escolar; Jogo Química; Jogo Digital AND Química; Jogo Educativo AND Química e Jogo Escolar AND Química. Para tal análise foi considerado o intervalo de tempo de 2008 a 2017, equivalente a 10 anos. Assim, as buscas foram realizadas nas seguintes bases: Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI); European Patent Office (EPO); World Intellectual Property Organization (WIPO), United States Patent and Trademark Office (USPTO) e Patentes da América Latina e Espanha (LATIPAT). Ao todo, identificaram-se 684 patentes, no entanto, quando a pesquisa se restringe especificamente aos jogos educativos para o Ensino de Química a quantidade de registros de patentes é insignificante comparada ao quantitativo total.

Palavras-chave: Estudos Prospectivos, Ludicidade, Recursos Didáticos de Química, Tecnologia no Ensino de Química.

INTRODUÇÃO

A busca por recursos metodológicos eficientes para o processo de ensino/aprendizagem de química faz com que os profissionais formados para atuar com essa disciplina, busquem na literatura as ferramentas que podem ser utilizadas em sala de aula e contribuam e/ou ofereçam uma aprendizagem significativa a seus alunos.

Algumas vezes, a busca por Jogos Educativos para o Ensino de Química é refutada pela indisponibilidade de recursos metodológicos para determinados conteúdos de química. Outros casos, retomam a insuficiência de dados para possíveis replicações e/ou utilização da

[1] Mestranda em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, eglehma@gmail.com;
[2] Professor Doutor do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, evertonquimica@hotmail.com;
[3] Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, gutidantas12@gmail.com.
[4] Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, mabsonlopes21@gmail.com

metodologia exposta, dificultando assim o uso e acesso do recurso. Essas duas razões junto ao desejo de inovar a prática docente instigam o docente a criar seu próprio material didático, como os Jogos Educativos.

Na maioria das vezes, os docentes criam jogos para aplicar em sala de aula de acordo com as necessidades pontuais que enfrentam. No entanto, os docentes que desenvolvem Jogos Educativos nem sempre tem o cuidado com a divulgação do mesmo. O registro de patente é uma forma descritiva para divulgação de Jogos Educativos, que, além de permitir a replicação dos mesmos, por ser relatado minuciosamente o passo a passo de seu desenvolvimento (relatório de patente é descritivo), ainda garante os direitos autorais a seus criadores.

Os estudos baseados em prospecção tecnológica buscam nortear os interessados a respeito do que já existe patenteado por seus respectivos criadores sobre diversas áreas do mercado. Sobre o objetivo dos estudos prospectivos Cruz e Bezerra (2017, p. 201) afirmam que: "O propósito não é desvendar o futuro, mas delinear e testar visões possíveis e desejáveis para que sejam feitas, hoje, escolhas que contribuirão da forma mais positiva possível para a construção do futuro".

Diante dessa realidade, surge o seguinte questionamento: Docentes e discentes pesquisadores do Ensino de Química que desenvolvem Jogos Educativos como recurso metodológico para essa disciplina, tem a preocupação em patentear seus inventos? Existem Jogos Educativos patenteados desenvolvidos para o Ensino de Química?

Os documentos de patentes apresentam uma quantidade relevante de informações sobre o que existe desenvolvido e protegido, pelos depositantes, e permite identificar o que pode ser melhorado, criado e/ou patenteado. Logo, esta pesquisa objetiva identificar as patentes de Jogos Educativos desenvolvidos e para o Ensino de Química. Para tanto, traçou-se os seguintes objetivos específicos, quantificar as patentes registradas sobre Jogos Educativos desenvolvidos para o Ensino de Química e classificar as patentes identificadas de acordo com o Código de Classificação Internacional de Patentes.

Nesse contexto, a explanação dos dados coletados neste estudo, permite que docentes e discentes de Química tenham um resumo dos Jogos Educativos que já existem desenvolvidos e patenteados para o Ensino de Química e consequentemente, utilizem esses jogos apontados em sala de aula.

REFERENCIAL TEÓRICO

Inúmeras pesquisas apontam resultados positivos na aplicabilidade e eficiência dos jogos no Ensino de Química. Oliveira e seus colaboradores aplicaram um Jogo de Tabuleiro, Cartas, Dados, Compras e Vendas para o conteúdo Conceitos de Soluções Químicas com 30 alunos do 2º ano do ensino médio, esse jogo foi desenvolvido com diversos objetos. Segundo os autores a utilização do jogo aumentou o interesse dos alunos para o conteúdo proposto, uma vez que se trata de uma atividade prazerosa, que além de outras habilidades oferece o trabalho em equipe (OLIVEIRA; SOARES; VAZ, 2015).

Miranda e Sores aplicaram dois jogos lúdicos nas aulas de química para alunos da modalidade EJA, estudantes da rede pública estadual da cidade de Trindade-GO. Além dessa aplicação, os autores propuseram a criação de jogos pedagógicos de química de maneira colaborativa, entre alunos e professor, para os conteúdos de química que ainda não haviam sido abordados em aula. Como resultados os autores apontam que na construção do jogo os alunos se mostraram preocupados, contudo "essas inquietações foram aos poucos sendo resolvidas, à medida que os mesmos interagiam uns com os outros, discutindo entre si à respeito do conteúdo; promovendo nesta situação a aprendizagem colaborativa" (MIRANDA; SOARES, 2016, p.11)

Silva e seus colaboradores também fizeram uso de um jogo para o ensino de propriedades coligativas, com uma turma do 2º ano do ensino médio, no sudeste piauiense, e constataram que "a atividade lúdica proposta contribuiu com o fortalecimento de diferentes aspectos que são necessários para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem da Química" (SILVA; LACERDA; CLEOPHAS, 2017, p. 132).

Amaral, Mendes e Porto em 2018 desenvolveram e aplicaram o jogo denominado "Roletrando" desenvolvido para os conceitos de química orgânica. Segundo os autores os resultados da aplicação, realizada com alunos da 3ª série do ensino médio de uma escola pública de Sooretama-ES, "apontaram que a utilização dessa metodologia contribuiu para a melhoria no processo de ensino aprendizagem e promoveu a proatividade e a autoconfiança dos discentes em relação à disciplina" (AMARAL; MENDES; PORTO , 2018, p. 225)

Em 2019, Lima, Silva e Silva desenvolveram e aplicaram com discentes do curso de licenciatura em química da Universidade Federal de Campina Grande, *campus* Cajazeiras-PB, dois jogos didáticos para o conteúdo nomenclatura dos hidrocarbonetos, um físico e outro digital. Segundo os autores, os dois jogos mostraram-se eficientes na abordagem do conteúdo trabalhado, "isto fica evidenciado quando todos os alunos afirmaram que os jogos

possibilitaram aquisição de conhecimento, dando suporte para resolução dos questionamentos trabalhados" (LIMA; SILVA; SILVA, 2019, p 93).

Nesse viés, os Jogos Educativos podem ser definidos como qualquer atividade pedagógica elaborada como recurso metodológico de suporte ao ensino, com conjunto de regras explícitas, que integre os participantes, desperte o interesse de aprender dinamicamente, despertando o sentimento de competição e/ou cooperação. Soares (2008, p.3) esclarece que:

> Jogo é o resultado de interações lingüísticas diversas em termos de características e ações lúdicas, ou seja, atividades lúdicas que implicam no prazer, no divertimento, na liberdade e na voluntariedade, que contenham um sistema de regras claras e explícitas e que tenham um lugar delimitado onde possa agir: um espaço ou um brinquedo.

Para que a utilização dos Jogos Educativos seja efetiva e de fato contribuam para a construção do conhecimento de maneira interativa é necessário que estes sejam desenvolvidos com princípios pedagógicos; sejam aplicados mediante planejamento com a orientação e/ou mediação do educador e estejam inseridos em um contexto motivacional, despertando a curiosidade e facilitando a aprendizagem. (PRIETO et al., 2005).

Ao passo que se a educação brasileira caminha em busca de um ensino dinâmico efetivo e atualizado, cresce também o acesso à tecnologia, o que permite aos usuários uma maior praticidade e eficiência em executar atividades diárias. No ambiente escolar os docentes tem a possibilidade de utilizar as Tecnologias de Informação e Comunicação em busca da aprendizagem significativa. Surgem dessa maneira os Jogos Educativos Digitais, como uma alternativa viável e atrativa para o processo de construção do conhecimento. Souza e Souza (2010, p. 128) explicam que: "Estudar e usar as tecnológicas de informação, transformando o que é complicado em útil, pratica em dinâmica, além de ser mais criativo, é estimulante".

No que concerne à divulgação dos Jogos Educativos criados para o Ensino de Química, como resultados de pesquisas acadêmicas nos últimos anos é crescente os artigos que abordam a utilização dos jogos no Ensino de Química, no entanto, percebe-se que esta divulgação na maioria das vezes é efetuada de maneira aleatória sem os devidos cuidados com a proteção dos direitos autorais. Nesta vertente é necessário despertar nos pesquisadores a importância da proteção de seus direitos enquanto criadores de determinados recursos.

A proteção de direitos autorais pode ser feita por meio de deposito de patente. Quem concede aos inventores seja pessoa física e/ou jurídica a carta de patente é o Estado, esta carta assegura ao depositante o direito exclusivo de exploração do objeto patenteado. Nieto et al.

(2006, p. 07) explicam que: “Só será patenteada a invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação”.

O Instituto Nacional de Tecnologia define:

> Prospecção tecnológica é o processo que se ocupa de procurar, sistematicamente, examinar o futuro a longo prazo de ciências, da tecnologia, da economia e da sociedade, com o objetivo de identificar as áreas de pesquisa estratégica e as tecnologias emergentes que têm a propensão de gerar maiores benefícios econômicos e sociais (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA, 2010).

Pelo exposto, entende-se que os estudos prospectivos são determinantes na tomada de decisões dos pesquisadores, pois o conhecimento sobre os produtos e/ou tecnologias já existentes e patenteadas (garantindo aos inventores o direito autoral), com o que ainda não existe oficialmente registrado, definirá o delineamento de sua pesquisa e/ou invento.

METODOLOGIA

Com o objetivo de identificar as patentes registradas sobre Jogos Educativos para o Ensino de Química utilizou-se o mapeamento prospectivo como metodologia. A descrição deste estudo prospectivo foi elaborada mediante a definição das bases de dados; a escolha das palavras-chaves nos títulos dos documentos; determinação do período de análise; leitura dos resumos e identificação Classificação Internacional de Patente (CIP).

Como base de dados escolheu-se: Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI); *European Patent Office* (EPO); *World Intellectual Property Organization* (WIPO*), United States Patent and Trademark Office* (USPTO) e Patentes da América Latina e Espanha (LATIPAT).

Para filtrar os resultados utilizou-se o operador boleano AND para o cruzamento das palavras-chave. Sendo elas: Jogo Digital; Jogo Educativo; Jogo Escolar; Jogo Química; Jogo Digital AND Química; Jogo Educativo AND Química; Jogo Escolar AND Química. As palavras em português foram utilizadas para pesquisa no INPI, as palavras em inglês no EPO, WIPO e USPTO e as palavras em espanhol no LATIPAT.

O intervalo de tempo corresponde a 10 anos, portanto verificaram-se as patentes publicadas de 2008 a 2017. Após quantificação das patentes, leram-se os resumos e posteriormente separaram-se os documentos mais significativos para a proposta pesquisada,

priorizando a classificação internacional das patentes. Os dados aferidos foram quantificados e transformados em gráficos usando o Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se a quantidade geral de documentos de patentes encontrados nas cinco bases de dados. Ao todo, identificaram-se 684 patentes, sendo as palavras-chave: Jogo Digital e Jogo Educativo são responsáveis por 97,66% do número total de patentes identificadas. Diante desses dados entende-se que embora exista uma quantidade considerável de patentes apenas 0,59% correspondente a quatro patentes, estão relacionadas ao Ensino de Química.

Tabela 1 - Quantidade geral de patentes identificadas por palavras-chave.

Palavras-chave	Quantitativo de Patentes
Jogo AND Digital	335
Jogo AND Educativo	333
Jogo AND Escolar	12
Jogo AND Química	03
Jogo Digital AND Química	00
Jogo Educativo AND Química	01
Jogo Escolar AND Química	00

Fonte: Autoria Própria, dados extraídos do INPI; EPO; WIPO; USPTO e LATIPAT (2019).

Embora vários estudos estejam centrados na construção de jogos didáticos para o Ensino de Química e apresentem resultados da aplicabilidade destes, percebe-se que os docentes e discentes que trabalham com a produção desses jogos didáticos não apresentam a preocupação em proteger suas criações por meio do registro de patente.

Com o advento da evolução tecnológica, os jogos didáticos ganharam uma nova aparência, passando a ser digital. Assim, além de modernizar o ensino tradicional, os recursos tecnológicos permitem que alunos se mantenham conectados em tempo real, através da mediação do professor, na construção do conhecimento. Silva e Correa (2014, p. 31) afirmam: "A evolução tecnológica tende a alterar comportamentos, estabelecer processos comunicativos diversificados provocando uma interação que vai desde o contato entre pessoas diferentes como à relação entre conhecimentos e aprendizagens distintas".

Na Figura 1 observa-se o quantitativo anual de patentes entre os dez anos pesquisados. No ano de 2008 obteve-se maior número de deposito relacionado às palavras-chave pesquisadas, correspondendo a 13,30% do total geral. No ano de 2017 foram depositadas 53

patentes, sendo o ano com menor índice de registro, equivalente a 7,75%. Percebe-se que os registros de patentes no intervalo de tempo pesquisado oscilaram, comparando o ano inicial com o final, houve uma queda no registro.

Figura 1- Evolução anual do deposito de patente de 2008 a 2017.



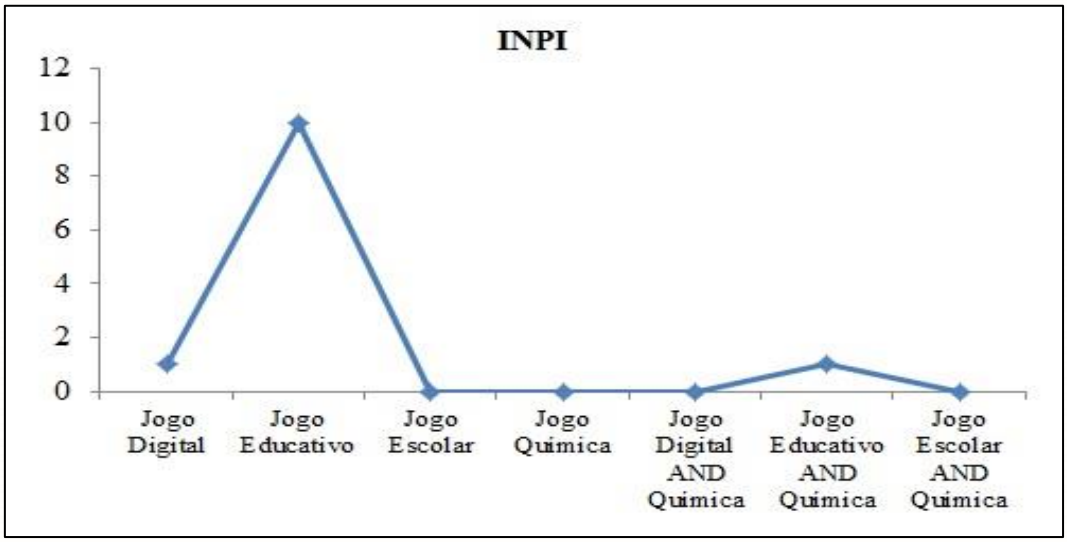
Fonte: Autoria Própria, dados extraídos do INPI; EPO; WIPO; USPTO e LATIPAT (2019).

Na Figura 2 observa-se os registros de patentes da base de dados nacional, ao todo, identificaram-se 12 documentos, sendo 10 referente à palavra-chave Jogo Educativo; 01 referente a jogo digital e 01 referente a jogo educativo AND química. Esta patente foi depositada em 21 de julho de 2016 por *Tebcherani e Kubaski LTDA* com o tíitulo *Jogo educativo de química relacionado à formulação e nomenclatura de compostos*, como resumo os inventores escreveram:

> A presente patente de invenção apresenta um modelo na forma de um jogo educativo de química relacionado à formulação e nomenclatura de compostos, que permite, sem a necessidade de conhecimento prévio e química, o reconhecimento da nomenclatura de compostos químicos, fórmulas unitárias de compostos químicos e reconhecimento dos grandes nomes de cientistas por parte dos participantes do jogo. (TEBCHERANI E KUBASKI LTDA, 2016).

O jogo desenvolvido por Kubaski LTDA refere-se ao conteúdo de nomenclatura dos compostos químicos, em que os usuários de maneira dinâmica vão construindo por meio da união de fórmulas unitárias os compostos químicos e seus nomes.

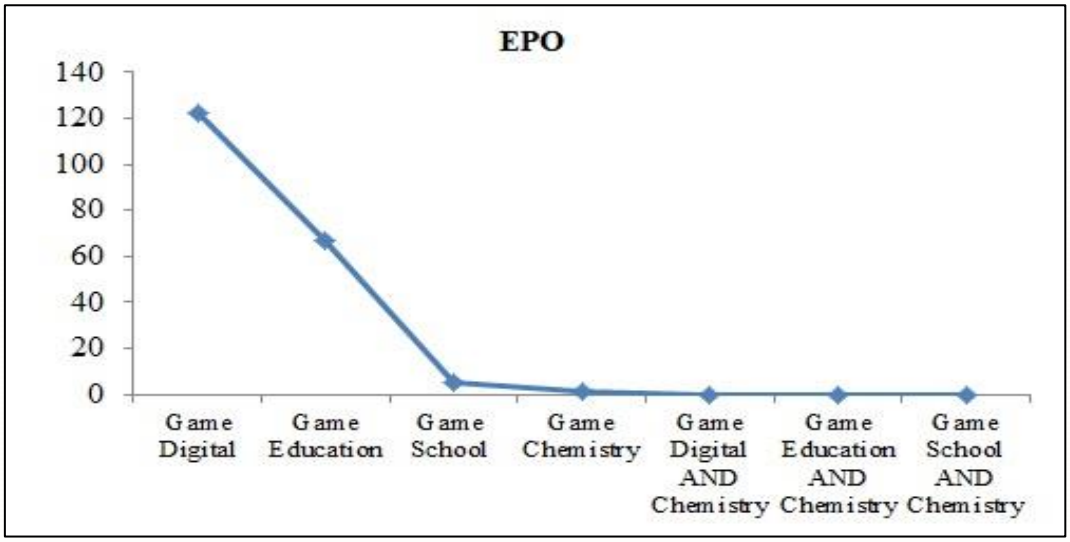
Figura 2 - Quantitativo de patentes/ano identificadas no INPI.



Fonte: Autoria Própria, dados extraídos do INPI, (2019).

Na Figura 3 observa-se o quantitativo das patentes registradas no EPO, sendo 195 patentes o número total identificado. Para *game AND digital* encontrou-se 122 patentes correspondendo a 62,56%. Mais uma vez verifica-se a carência de depósitos de patentes sobre jogos para o Ensino de Química que é o foco desta pesquisa. Para *game AND chemistry*, nesta base de dados identificou-se apenas um registro de patente*:* ***Chemistry card game*** depositada por *Bentum Naomi Van* em setembro de 2009. No entanto, o resumo deste não está disponível no EPO.

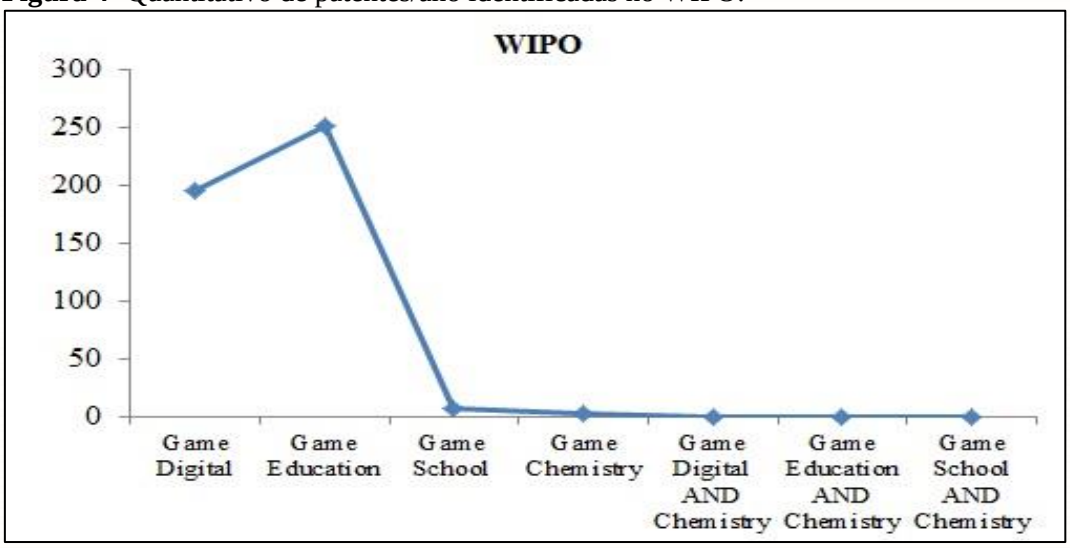
Figura 3- Quantitativo de patentes/ano identificadas na EPO.



Fonte: Autoria Própria, dados extraídos da EPO, (2019).

Na Figura 4 observa-se o quantitativo de patentes encontradas no WIPO, ao todo, identificaram-se 457 registros, sendo *game AND education* a palavra que liderou os depósitos de documentos de patentes com 252 registros dentro do intervalo de tempo pesquisado, correspondendo a 55,14% do número total dessa base de dados. Para *game AND chemistry* identificaram-se apenas duas patentes.

Figura 4- Quantitativo de patentes/ano identificadas no WIPO.



Fonte: Autoria Própria, dados extraídos da WIPO, (2019).

A primeira patente depositada nessa base de dados é datada em 20 de novembro de 2008 com o título: *Chemistry card game***,** depositada por *Anshul Samar*, como resumo o WIPO disponibiliza:

> O presente invento proporciona um novo método de jogo e componentes do jogo que em uma concretização são na forma de um jogo de tabuleiro com cartões de educação que possuem informações reais sobre o assunto, juntamente com a informação do jogo, de modo que a aprendizagem se torne divertida e a aprendizagem acontece como um efeito colateral da diversão. (Traduzido, SAMAR ANSHUL, 2008).

A segunda patente: *Chemistry card game* depositada por *Van Bentum, Naomi* em 24 de setembro de 2009 com o resumo:

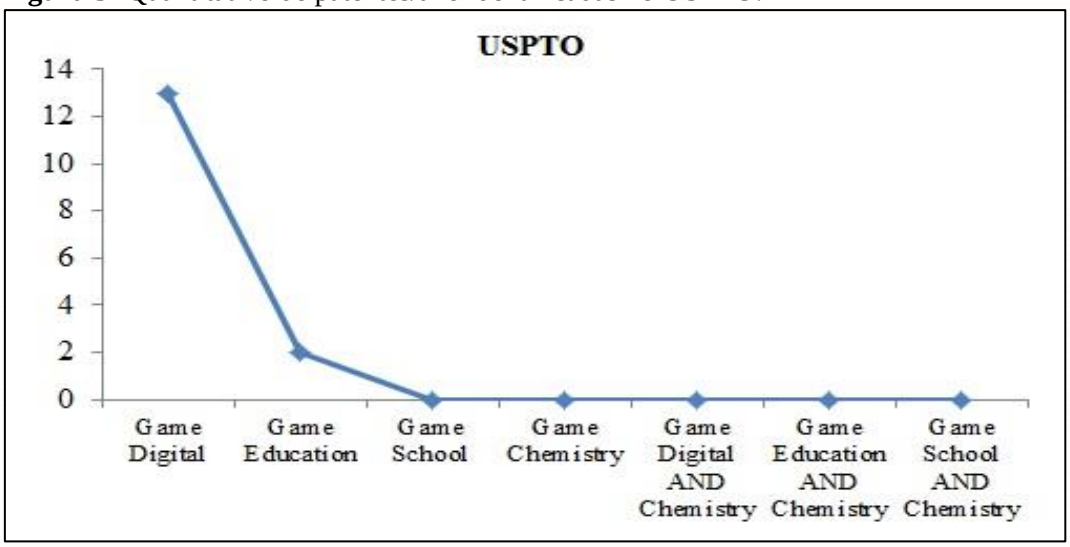
> O presente invento fornece um jogo de cartas exclusivo com base nos elementos da Tabela Periódica e nas formas em que podem combinar. Cada elemento é representado por uma criatura de fantasia que incorpora propriedades reais desse elemento e contém características que categorizam claramente os diferentes tipos de elementos usando categorias já conhecidas por muitas pessoas. Destina-se principalmente a capturar os corações e a imaginação dos jogadores através de personagens atraentes, descrições

> interessantes e uma aventura associada e, secundariamente, ensinar fatos científicos reais à medida que o jogo é jogado. (Traduzido, VAN BENTUM, NAOMI, 2008).

O jogo de cartas apresentado acima busca relacionar os elementos da Tabela Períodica com a ludicidade reportnado-se ao mundo da fantasia, em que os elementos químicos são representados por personagens com caracteristicas intrisecas a cada elemento, assim os jogadores associam as propriedades dos elementos químicos aprendendo de forma intuitiva e prazerosa.

Na Figura 5 observa-se o quantitativo de patentes da USPTO. Para *game AND digital* identificou-se 13 patentes e 02 para *game education*, referente à área de nutrição.

Figura 5- Quantitativo de patentes/ano identificadas no USPTO.



Fonte: Autoria Própria, dados extraídos da USPTO, (2019).

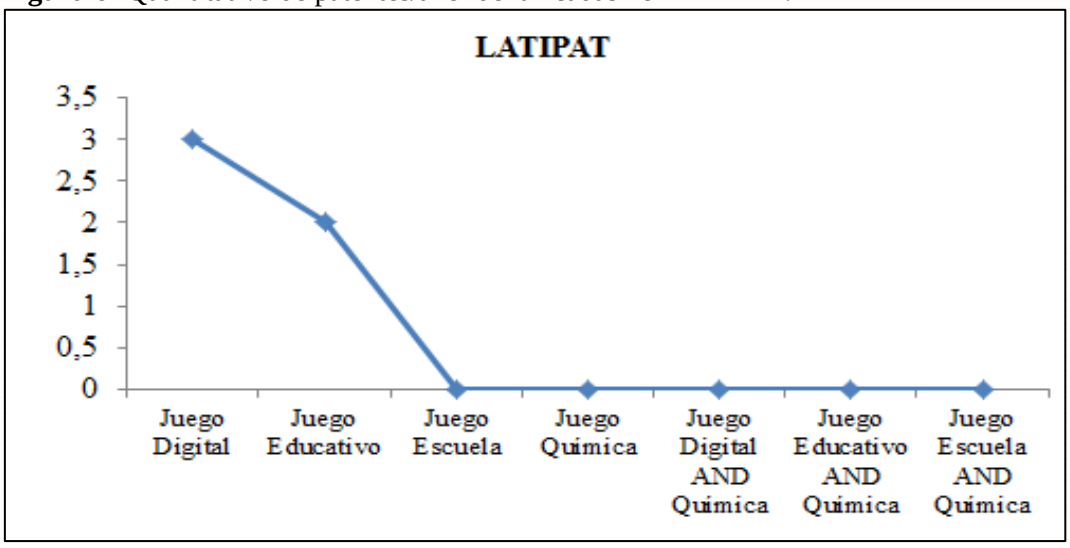
A primeira com o título**:** *Nutrition education game* depositada por *Prevent Child Abuse-New* Jersey, em 14 de março de 2013, não disponibiliza resumo. A segunda: *Nutrition education game for children* depositada por *Addie-Gentle; Patricia R.* em 25 de agosto de 2015 com o resumo:

> O jogo de tabuleiro divulgado foi concebido para ensinar os princípios básicos de nutrição das crianças de uma maneira divertida. O jogo é projetado para ser jogado por um mínimo de cinco jogadores e / ou equipes. O tabuleiro do jogo descreve uma comunidade de ficção onde os jogadores têm a tarefa de plantar alimentos nutricionais em cada um dos cinco jardins, de modo a fornecer nutrição a vários setores da comunidade. (Traduzido, ADDIE-GENTLE; PATRICIA R, 2015).

Os autores supracitados utilizaram um jogo de tabuleiro para ensinar a cirnças de forma divertida os princípios basicos e a importância de uma boa alimentação, podendo ser jogado individualmente ou em equipe, entre outros aspectos é possivel trabalhar além da conscientização da importância de uma boa alimentação a responsabilidade coletiva em "produzir de forma divertida" seu próprio alimento.

Na Figura 6 observa-se o quantitativo de patentes do LATIPAT, identificou-se apenas 05 patentes, sendo à base de dados com menor número de patentes para proposta pesquisada. Três patentes para *juego AND digital* e duas para *juego AND educativo.*

Figura 6- Quantitativo de patentes/ano identificadas no LATIPAT.



Fonte: Autoria Própria, dados extraídos do LATIPAT, (2019).

Na Tabela 2 observam-se os códigos de classificação internacional de patentes e os significados das classificações que apareceram com maior frequência nos 684 registros de patentes identificados nesta pesquisa. As três seções para classificações destas patentes foram: A (Necessidades Humanas), G (Física) e H (Eletricidade).

As duas classificações em *itálico* correspondem às classificações das quatro patentes identificadas, três para palavra-chave *game AND chemistry* registradas no WIPO, uma para jogo educativo AND química registrada no INPI. A A63F1/00 refere-se a jogos de carta e a A63F1/02 corresponde a Cartas de baralho; Formatos especiais de cartas.

Tabela 2- Código classificatório de patentes e significados.

Código de Classificação	Significado das Classificações
A63B22/02	Aparelhos de ginástica, especialmente adaptados para condicionar o sistema cardiovascular, para treinar a agilidade ou a coordenação dos movimentos.
A63F1/00	*Jogos de cartas*
A63F1/02	*Cartas de baralho; Formatos especiais de cartas.*
A63F1/04	Jogos de cartas combinados com outros jogos.
A63F13/00	Videogames, i.e. Jogos usando um mostrador gerado eletronicamente, tendo duas ou mais dimensões.
A63F7/02	Usando peças do jogo caindo ou peças correndo sobre
A63F9/20	Dominó ou jogos similares; Carrosséis.
A63F9/24	Jogos usando circuitos eletrônicos não incluídos em outro local
G02B27/02	Aparelhos para visualização ou leitura.
G02B27/10	Sistemas para divisão ou combinação de raios luminosos
G06F21/44	Autenticação de programa ou dispositivo.
G06F3/033	Dispositivos de indicação deslocados ou posicionados pelo usuário; Acessórios dos mesmos.
G06Q 50/00	Sistemas ou métodos especialmente adaptados para um setor de negócios específico, p. ex. serviços públicos ou turismo.
G06Q30/00	Comércio, p. ex. compras ou comércio eletrônico.
G09B 19/00	Elementos de ensino não abrangidos por outros grupos principais desta subclasse.
G09B19/02	Contagem; Cálculo.
G09B7/00	Aparelhos ou dispositivos de ensino de funcionamento elétrico procedendo por perguntas e respostas.
G10L21/00	Processamento do sinal de fala ou voz para produzir outro sinal audível ou não audível, p. ex. visual ou palpável, para modificar sua qualidade ou sua inteligibilidade.
H04M1/247	Aparelhos telefônicos incluindo orientação de usuários ou meios de seleção de características facilitando seu uso.
H04M11/00	Sistemas de comunicação telefônica especialmente adaptada para serem combinados com outros sistemas elétricos.
H04R5/00	Disposições estereofônicas.
H04W28/00	Gerenciamento de tráfego ou recurso de rede.
H04W88/02	Dispositivo terminal.

Fonte: Autoria Própria, dados retirados do INPI (2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo se torna relevante para tomada de futuras decisões uma vez que os documentos de patentes apresentam uma quantidade relevante de informações sobre o que existem desenvolvido e protegido pelos depositantes e permite identificar o que pode ser melhorado, criado e/ou patenteado.

Diante dos resultados aferidos, pode-se afirmar que embora existam inúmeras pesquisas acadêmicas sobre o desenvolvimento e aplicação de Jogos Educativos no Ensino de Química, os pesquisadores não demonstram interesse em proteger seus inventos, isto fica evidente pela pequena quantidade encontrada de patentes registradas nos últimos dez anos para a proposta pesquisada.

Duas hipóteses podem ser levantadas como motivo para o não patenteamento dos Jogos Educativos para o Ensino de Química. A primeira remete a falta de informação por parte dos criadores sobre direitos autorais e registro de propriedade. E a segunda retoma aos objetivos propostos pelos criadores, onde os mesmos se preocupam somente com a abordagem diferenciada do conteúdo sem se atentarem a ideia de replicação do recurso metodológico criado e a proteção dos direitos autorais sobre estes.

Sendo assim supõe-se que os docentes e discentes empenhados na inovação do Ensino de Química através da utilização dos Jogos Educativos, quando criam recursos metodológicos, testa sua eficiência em sala de aula e algumas vezes escrevem artigos científicos relatando a eficiência e os resultados da aplicação do Jogo Educativo, sendo estes documentos publicados apenas em anais de evento, periódicos das áreas afins e bases e dados das próprias instituições de ensino.

Esse meio de divulgação não é errado, no entanto, a maneira como esta divulgação é feita na maioria das vezes dificulta a replicação da metodologia. Uma vez publicado o invento o criador perde o domínio e os direitos autorais sobre este. Assim reforça-se a importância da proteção dos direitos autorais por meio do deposito de patentes, onde o inventor terá todos os seus direitos assegurados e a divulgação do Jogo Educativo criado será feita por meio de resumo descritivo, com todos os detalhes do processo de criação, com figuras, e dados precisos garantindo aos interessados a replicação e/ou melhoramento do Jogo Educativo patenteado.

Ao analisar os registros de patentes filtrados nesta pesquisa percebe-se que foram efetuados nos últimos dez anos uma boa quantidade de registros sobre jogos digitais e jogos educativos sendo 335 e 333 respectivamente. No entanto quando a pesquisa se restringe aos Jogos Educativos para o Ensino de Química identificaram-se apenas 04 patentes. Isto significa que os jogos digitais e educativos patenteados neste intervalo de tempo correspondem a outras áreas de aplicação e/ou outras disciplinas.

As 04 patentes sobre Jogos Educativos para o Ensino de Química estão registradas com as classificações A63F1/00 e A63F1/02 que correspondem a jogos de cartas, ou seja,

Jogos Educativos físicos e não digitais. Verifica-se com esse dado, que a carência em patentes relacionadas a jogos digitais para o Ensino de Química ainda é maior que os Jogos Educativos físicos.

Como estudos futuros, por entender as contribuições trazidas para o ensino de química pela utilização de metodologias inovadoras, como os jogos educativos, pretende-se desenvolver Jogos Educativos tanto físicos como digitais para o Ensino de Química e registrá-los sempre que possível nas bases de patentes.

REFERÊNCIAS

ADDIE-GENTLE; PATRICIA, R. **Nutrition education game for children**. 2015 Disponível em: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&p=1&u=%2Fnetahtml%2FPTO%2Fsearch-bool.html&r=1&f=G&l=50&co1=AND&d=PTXT&s1=game.TI.&s2=education.TI.&OS=TTL/game+AND+TTL/education&RS=TTL/game+AND+TTL/education> Acesso em : 02 jan. 2019.

AMARAL, A. M.; MENDES, A. N. F.; PORTO, P. S. da S. Jogo roletrando como metodologia alternativa no ensino de química**. Experiências em Ensino de Ciências,** V.13, No.1, 2018.

CRUZ, G.; BEZERRA, N. V. dos S. Inovação em energias renováveis: reflexões e estudo de prospecção tecnológica **B. Téc. Senac**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 198-215, jan./abr. 2017. Disponível em: <http://www.dn.senac.br/wp-content/uploads/2017/03/408-795-1-PB.pdf> Acesso em: 02 jan. 2019.

EPO. **European Patent Office.** <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20110317&CC=AU&NR=2009212913A1&KC=A1#> Acesso em: 02 jan. 2019.

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial. **Classificação de patentes**. 2015. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/#refresh=page>. Acesso em: 02 jan. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA (Brasil). **Prospecção tecnológica e experiências nacionais e interacionais:** Projeto CPETRO. Brasília- DF, 2010.

LIMA, J. P. F.; SILVA, E. L. DA.; SILVA, E. K. S. da. Desenvolvimento e aplicação de jogos didáticos para o ensino de hidrocarbonetos. In: XIV Seminário Internacional Analítico de Temas Interdisciplinares & VI Seminário de Pesquisa Inovadora na/para Formação de Professores & I Fórum de Pós-Graduação da UFCG . **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, Cajazeiras, v. 4, suplementar, jan. 2019.

MIRANDA, A. F. S.; SOARES, M. H. F. B. **O uso e a construção de jogos pedagógicos de química no processo de ensino e aprendizagem na modalidade EJA de ensino**. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28

de julho de 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0744-1.pdf> Acesso em: 04 jan. 2019.

NIETO, A. L. et al. **Marcas e patentes -** ativos intangíveis fundamentais. 2006.

OLIVEIRA, J. S; SOARES, M. H. F. B; VAZ, W. F. Banco Químico: um Jogo de Tabuleiro, Cartas, Dados, Compras e Vendas para o Ensino do Conceito de Soluções. In: **Química Nova na Escola,** São Paulo, Vol. 37, N° 4, 2015, p. 285-293.

PRIETO, L. M. et al. Uso das Tecnologias Digitais em Atividades Didáticas nas Séries Iniciais. ***Renote:*** **revista novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p.1-11, 2005.

SAMAR ANSHUL**. Chemistry card game.** Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US42693870&recNum=3&office=&queryString=EN_TI%3A%28game+and+chemistry+%29&prevFilter=&sortOption=Relevance&maxRec=5>Acesso em: 01 jan. 2019.

SILVA, A. C. R. da.; LACERDA, P. L. de.; CLEOPHAS, M. das G. Jogar e compreender a Química: ressignificando um jogo tradicional em didático. Amazônia | **Revista de Educação em Ciências e Matemática** | v.13 (28) Jul-Dez 2017. p.132-150.

SILVA, R. F. DA; CORREA, E. S. Novas Tecnologias e Educação: a evolução do processo de ensino e aprendizagem na sociedade contemporânea. **Educação & Linguagem.** Ano 1, n.1, Jun. p. 23-35, 2014.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química**:** teoria, métodos e aplicações. **In: Encontro Nacional de Ensino de Química**. Departamento de química da UFPR (Org), Anais, XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008.

SOUZA, I. M. A. DE; SOUZA, L. V. A. de. O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola. **Revista Fórum Identidades**, Ano 4, v. 8., 2010.

TEBCHERANI E KUBASKI LTDA. **Jogo educativo de química relacionado à formulação e nomenclatura de compostos**. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1388452&SearchParameter=Jogo%20and%20educativo%20%20%20

&queryString=EN_TI%3A%28game+and+chemistry%29&prevFilter=&sortOption=Relevance&maxRec=5> Acesso em: 03 jan. 2019.

WIPO. **World Intellectual Property Organization.** Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/en/structuredSearch.jsf> Acesso em: 02 jan. 2019.

RESGATANDO COMPETÊNCIAS E HABILIDADES BÁSICAS IMPRESCINDÍVEIS NA DISCIPLINA DE MATEMÁTICA PARA OS ALUNOS DOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Noemita Rodrigues da Silva [1]
Igor Raphael Silva de Melo [2]
José Joelson Pimentel de Almeida [3]

RESUMO

O presente trabalho é o resultado de observações sobre o desempenho escolar na Escola Cidadã Integral Assis Chateaubriand, localizada no Bairro Santo Antônio na cidade de Campina Grande, atendendo aos alunos dos bairros periféricos vizinhos. Observa-se que o público de alunos apresenta muita dificuldade nos conteúdos, pois os fatores sociais que os mesmos vivem são fortes de tal maneira que relatam a falta de motivação para estudar. Neste sentido, a escolha do tema surgiu do baixo desempenho encontrado nos alunos dos anos finais do ensino fundamental da referida Escola, posta pelos os professores e pelos próprios alunos. Assim, resgatar competências e habilidades de séries anteriores facilitaria esses alunos no processo de ensino e aprendizagem, elevando a capacidade de avançar e favorecendo os resultados da Escola. Diante das situações efêmeras ocorridas no chão da escola, buscou-se trabalhar um processo de conquista aos alunos com a disciplina de Matemática, ou seja, demonstrar através de situações problemas do cotidiano dos próprios alunos que a Matemática está em toda parte e os obstáculos que eles encontram ao longo dos conteúdos são gerados em função das habilidades não desenvolvida das séries anteriores. Assim, buscar trabalhar com a Matriz de Referência do SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), fazendo um diagnóstico bimestral atento, no sentido de entender de acordo com o Padrão de Desempenho da Escala de Proficiência em que nível e até onde o aluno compreendeu determinado conteúdo, se torna a metodologia mais próxima de alcançar um resgate de tais habilidades.

Palavras-chave: Competências e Habilidades, Descritores, Ensino e Aprendizagem.

INTRODUÇÃO

Para Goldberg (1998) “educar é transformar,despertar aptidões e orientá-las para o melhor uso dentro da sociedade.”As discussões em busca de novas metodologias que tornem o ensino da matemática mais atraente e significante tem sido incessante. De acordo com Júnior e Santo (2008), foram realizadas pesquisas na área da Educação Matemática apontando que a matemática ensinada (conteúdo) na sala de aula bem como a forma (metodologia) como vem

[1] Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, membro do LEEMAT, noemitarodrigues@hotmail.com;
[2] Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, igor.rapha6@gmail.com;
[3] Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba (PPGECEM-UEPB), membro do Leitura e Escrita em Educação Matemática – Grupo de Pesquisa (LEEMAT), jjedmat@gmail.com;

sendo ensinada não correspondiam às necessidades do aluno para a formação da cidadania enquanto seres sociais.

De acordo com Brito:

> Sendo uma das funções da disciplina de matemática capacitar o indivíduo a trabalhar simbolicamente, representando os problemas matemáticos do mundo através dos símbolos, esse conhecimento anterior deve ser utilizado pelo professor como passo inicial para a estruturação do conhecimento, levando o estudante a visualizar formas de representação simbólica como poderosos instrumentos de representação das situações cotidianas. (BRITO, 2005)

Ao analisar o as colocações de Brito, 2005 busca-se entender que devemos trabalhar de forma que nossos alunos sejam capazes de associar a teoria à prática. Essa abordagem não é apenas no sentido de contextualizar uma prática pedagógica à vivência do aluno, o que poderia comprometer a sua aprendizagem de uma visão mais crítica e ampliada do mundo. Ao contrário, consiste também em chamar a atenção do aluno e estimular seu interesse em aprender, utilizando esta metodologia como um dos possíveis caminhos que possibilitam o desenvolvimento crítico, relacionando o conhecimento cotidiano ao conhecimento escolar.

De acordo como o Guia de implantação da Metodologia Entre Jovens do Instituto Unibanco (2012), constata que o desempenho escolar é um fator decisivo para a permanência do aluno na escola. A dificuldade de aprendizagem, o baixo desempenho e a incapacidade de avançar nos estudos, levam muitos desses alunos a desmotivação e optarem por sair da escola.

Observa-se que é fundamental que o professor compreenda clara e positivamente a relação específica entre a leitura e a interpretação, compreensão esta que o auxiliará a trabalhar com o aluno o exercício da criticidade, do desenvolvimento do raciocínio lógico e de sua interação com o outro, permitindo desenvolver as habilidades de Língua Portuguesa e Matemática.

O presente trabalho é o resultado de observações sobre o desempenho escolar na Escola Cidadã Integral Assis Chateaubriand, localizada no Bairro Santo Antônio na cidade de Campina Grande, atendendo aos alunos dos bairros periféricos vizinhos. Observa-se que o público de alunos apresenta muita dificuldade nos conteúdos, pois os fatores sociais que os mesmos vivem são fortes de tal maneira que os mesmos relatam a falta de motivação para estudar.

Neste sentido, a escolha do tema surgiu do baixo desempenho encontrado nos alunos dos anos finais do ensino fundamental da referida escola posta pelos os professores e pelos próprios alunos. Assim, resgatar competências e habilidades de séries anteriores facilitaria

esses alunos no processo de ensino e aprendizagem, elevando a capacidade de avançar e favorecendo os resultados da escola.

Diante das situações efêmeras ocorridas no chão da escola, buscou-se trabalhar um processo de conquista aos alunos com a disciplina de Matemática, ou seja, demonstrar através de situações problemas do cotidiano dos próprios alunos que a Matemática está em toda parte e os obstáculos que eles encontram ao longo dos conteúdos são gerados em função das habilidades não desenvolvida das séries anteriores. Assim, buscar trabalhar com a Matriz de Referência do SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), fazendo um diagnóstico bimestral atento, no sentido de entender de acordo com o Padrão de Desempenho da Escala de Proficiência em que nível e até onde o aluno compreendeu determinado conteúdo, se torna a metodologia mais próxima de alcançar um resgate de tais habilidades.

Nas palavras de HALADYNA, 2004 os distratores indicam as alternativas incorretas à resolução da situação-problema proposta. Além disso, essas respostas devem ser plausíveis, isto é, devem parecer corretas para aqueles participantes do teste que não desenvolveram a habilidade em questão.

Observa-se que é de fundamental importância o professor saber elaborar itens e construir os distratores, pois são esses distratores que alinham o aluno dentro do conteúdo, permitindo ao professor enxergar o que o aluno compreendeu do conteúdo. Como nas palavras de HALADYNA, 2004 esses distratores são plausíveis, porém não são as respostas, mas determinam todo o entendimento do aluno ao conteúdo. Torna-se relevante porque o professor não coloca qualquer coisa nas alternativas, mas sim algo pertinente ao conhecimento que o aluno pode ter chegado.

Diante desse esboço pretende-se resgatar as competências e habilidades não desenvolvidas nas séries anteriores, para motivá-los na aprendizagem e nos resultados das avaliações externas, visto que este ano temos a Prova Brasil. Assim, desde do início do ano buscou-se aproximar e apropriar os alunos da matriz de referência do SAEB, mostrando os descritores e quais conteúdos são trabalhados, sendo essa metodologia paralela aos conteúdos em curso.

1.1. DADOS DAS AVALIAÇÕES DA ESCOLA QUE SERÁ TRABALHADO

TABELA 1: IDEPB[4]

IDEPB – ENS FUNDAMENTAL E MÉDIO	2015	2016	2017	2018
Língua Portuguesa	*	*	4.08	4.47
Matemática	*	*	4.39	4.29

[4] Dados fornecidos pela Escola Cidadã Integral Assis Chateaubriand.

*Número de participantes no IDEPB insuficiente para que os resultados sejam divulgados.

TABELA 2: IDEPB[5]

ECI ASSIS CHATEAUBRIAND						
		Nota Média Padronizada				
Ano	Série	Língua Portuguesa	Matemática	Indicador de Desempenho	Indicador Fluxo	IDEBPB
2017	9º	4,08	4,39	4,26	0,61	2,58
2017	3º	4,26	3,79	4,02	0,68	2,72
2018	9º	4,47	4,29	4,38	0,79	3,48
2018	3º	3,57	3,58	3,58	0,8	2,88

	Meta IDEBPB	
Ano	9º Ano	3º Ano
2015	3,67	3,35
2016	3,89	3,54
2017	4,12	3,72
2018	4,34	3,91
2019	4,58	4,11
2020	4,81	4,31
2021	5,04	4,51

Ao analisar todos os dados dos indicadores externos da Escola, observa-se que os anos de 2015 e 2016 não houve quantitativo de alunos suficientes para divulgação dos resultados, nesse período a Escola apresentava outra modalidade de ensino. Em 2018, a mesma passou a ser Escola Cidadã Integral, aumentando o desafio de adaptação dos alunos e automaticamente a sua permanência. Fica evidente na análise dos dados que a média padronizada dos alunos em Língua Portuguesa aumentou de 2017 para 2018, enquanto a de Matemática reduziu, o que seria natural visto que foi o período de adaptação dos alunos.

Quando se trata do cálculo final para definir a nota do IDEPB, baseado na média padronizada das duas disciplinas avaliadas e multiplicadas pelo indicador de fluxo é pertinente ressaltar que existe uma dificuldade de permanência do aluno na escola. Nesse momento, o professor percebe o quanto é relevante o PIP (projeto de intervenção pedagógica) para ajudar ao aluno a se tornar motivado a permanecer estudando e obtendo aprendizado.

1.2. DESCRITORES A SEREM TRABALHADOS

TABELA 3: Descritores de Matemática

I. Espaço e Forma
D1 – Identificar a localização/movimentação de objeto em mapas, croquis e outras representações gráficas.

[5] Dados fornecidos pela Escola Cidadã Integral Assis Chateaubriand.

D2 – Identificar propriedades comuns e diferenças entre figuras bidimensionais e tridimensionais, relacionando-as com as suas planificações.
D3 – Identificar propriedades de triângulos pela comparação de medidas de lados e ângulos.
D4 – Identificar relação entre quadriláteros por meio de suas propriedades.
D5 – Reconhecer a conservação ou modificação de medidas dos lados, do perímetro, da área em ampliação e/ou redução de figuras poligonais usando malhas quadriculadas.
D6 – Reconhecer ângulos como mudança de direção ou giros, identificando ângulos retos e nãoretos.
D7 –Reconhecer que as imagens de uma figura construída por uma transformação homotética são semelhantes, identificando propriedades e/ou medidas que se modificam ou não se alteram.
D8 – Resolver problema utilizando propriedades dos polígonos (soma de seus ângulos internos, número de diagonais, cálculo da medida de cada ângulo interno nos polígonos regulares).
D9 – Interpretar informações apresentadas por meio de coordenadas cartesianas.
D10 – Utilizar relações métricas do triângulo retângulo para resolver problemas significativos.
D11 – Reconhecer círculo/circunferência, seus elementos e algumas de suas relações.
II. Grandezas e Medidas
D12 – Resolver problema envolvendo o cálculo de perímetro de figuras planas.
D13 – Resolver problema envolvendo o cálculo de área de figuras planas.
D14 – Resolver problema envolvendo noções de volume.
D15 – Resolver problema utilizando relações entre diferentes unidades de medida.
III. Números e Operações/Álgebra e Funções
D16 – Identificar a localização de números inteiros na reta numérica.
D17 – Identificar a localização de números racionais na reta numérica.
D18 – Efetuar cálculos com números inteiros, envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação).
D19 – Resolver problema com números naturais, envolvendo diferentes significados das operações (adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação).
D20 – Resolver problema com números inteiros envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação).
D21 – Reconhecer as diferentes representações de um número racional.
D22 – Identificar fração como representação que pode estar associada a diferentes significados.
D23 – Identificar frações equivalentes.
D24 –Reconhecer as representações decimais dos números racionais como uma extensão do sistema de numeração decimal, identificando a existência de “ordens” como décimos, centésimos e milésimos.
D25 – Efetuar cálculos que envolvam operações com números racionais (adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação).
D26 – Resolver problema com números racionais envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação).
D27 – Efetuar cálculos simples com valores aproximados de radicais.
D28 – Resolver problema que envolva porcentagem.
D29 – Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.

D30 – Calcular o valor numérico de uma expressão algébrica.
D31 – Resolver problema que envolva equação do 2º grau.
D32 – Identificar a expressão algébrica que expressa uma regularidade observada em sequências de números ou figuras (padrões).
D33 – Identificar uma equação ou inequação do 1º grau que expressa um problema.
D34 – Identificar um sistema de equações do 1º grau que expressa um problema.
D35– Identificar a relação entre as representações algébrica e geométrica de um sistema de equações do 1º grau.
IV. Tratamento da Informação
D36 – Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.
D37 – Associar informações apresentadas em listas e/ou tabelas simples aos gráficos que as representam e vice-versa.

TABELA 4: Descritores de Língua Portuguesa

I. Procedimentos de Leitura
D1 – Localizar informações explícitas em um texto.
D3 – Inferir o sentido de uma palavra ou expressão.
D4 – Inferir uma informação implícita em um texto.
II. Implicações do Suporte, do Gênero e/ou do Enunciador na Compreensão do Texto
D5 – Interpretar texto com auxílio de material gráfico diverso (propagandas, quadrinhos, foto etc.)
V. Relações entre Recursos Expressivos e Efeitos de Sentido
D17 – Reconhecer o efeito de sentido decorrente do uso da pontuação e de outras notações. D18 – Reconhecer o efeito de sentido decorrente da escolha de uma determinada palavra ou expressão.
D19 – Reconhecer o efeito de sentido decorrente da exploração de recursos ortográficos e/ou morfossintáticos.
VI. Variação Linguística
D13 – Identificar as marcas linguísticas que evidenciam o locutor e o interlocutor de um texto.

Trabalhar com os descritores permite mostrar ao aluno o que ele precisa aprender dentro de determinado conteúdo, traçar uma interdisciplinaridade com os descritores de Português é necessário, pois os mesmos dialogam diretamente. Observa-se que um dos problemas do aluno é a falta de leitura e consequentemente a falta de interpretação. Assim esse projeto dialoga diretamente com os descritores de Português e o professor.

Tendo em vista a experiência que tive no Estado do Ceará como formadora do Programa Mais PAIC (Programa Aprendizagem na Idade Certa), fornecido pelo CAED/UFJF (Fundação de Apoio e Desenvolvimento ao Ensino Pesquisa e Extensão) do qual preparava os professores para trabalhar de forma lúdica os descritores, resgatando as competências e habilidades das séries anteriores, na intenção de despertar no aluno a importância da

disciplina de Matemática no cotidiano, ou seja, tornar o abstrato concreto despertou-me o interesse de manter a mesma metodologia na ECI Assis Chateaubriand. Neste sentido, ao chegar nessa Escola, apropriando dos resultados internos, sabendo que 2019 é ano de IDEB e sendo professora das turmas de 9° Ano tanto em Matemática como em Nivelamento, busquei aplicar a mesma metodologia da qual desenvolvia e é desenvolvida no Ceará. A disciplina de Nivelamento possibilitou novas ideias e metodologias a serem buscadas para reforçar essa proposta de resgatar as habilidades.

A disciplina de Nivelamento é relevante para os resultados externos e a motivação dos alunos, pois é possível analisar detalhadamente a dificuldade do aluno e desenvolver caminhos de resgatar as habilidades e competências, as sequências didáticas alinhadas aos descritores torna uma ferramenta indispensável para a melhoria dos resultados.

Na parte da apresentação foram colocados vários aspectos que reforça a justificativa de aplicar esse projeto, sabe-se que fazer com que esse aluno permaneça na Escola de 7:30 horas até as 17:00 horas é um dos gargalhos que a Escola Cidadã Integral enfrenta, tendo ainda os obstáculos no aprendizado e os meios sociais corrompidos

Nesse sentido, observa-se que é de fundamental importância trabalhar a motivação do aluno e um dos aspectos que os motiva a avançar nos estudos é quando eles compreendem o conteúdo e conseguem aplicar no seu cotidiano, sentido esse colocado nas 10 competências gerais da BNCC. Sabe-se que uma nota boa também é fator condicionante que permite uma empolgação nos mesmos.

Ao final desse projeto, espera-se elevar a capacidade dos alunos no conhecimento matemático e a percepção de compreender que a Matemática faz parte do seu cotidiano, que não existe aplicabilidade sem a Matemática. Despertando, assim a busca e curiosidade de aplicar o que compreendeu com o seu cotidiano, podendo até criar ou inovar algo.

Apresentar aos alunos como eles se encontram em relação a todas as etapas dos anos finais do Ensino Fundamental, gera uma reflexão dos mesmos em buscar recuperar essas lacunas. Motivá-los e fazê-los acreditar que são capazes é o maior desafio, pois como já escrito antes, as condições sociais condicionam a não terem perspectiva de vida.

METODOLOGIA

A Matemática vem ganhando espaço de acordo com seu método de aplicação, ou seja, ao fugir dos modos tradicionais, apresentando situações concretas que têm significados no cotidiano do aluno. O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e as demais avaliações externas de alguma forma revelam essa possibilidade, pois, nas suas matrizes de referências,

apontam competências e habilidades que os alunos devem adquirir ao longo do ensino básico, buscam despertar a curiosidade de aplicá-las em situações-problema do cotidiano.

Segundo Bassanezi (2011), a Modelagem Matemática pode ser utilizada como estratégia de ensino e aprendizagem, sendo um caminho para tornar a matemática, em qualquer nível, mais atraente e agradável. Nesse ambiente, o aluno poderá ter oportunidade de experimentar, modelar, testar sua capacidade de organização, analisar situações e tomar decisões.

Concordo com Bassanezi, pois a Modelagem Matemática é uma metodologia que proporciona caminhos para aproximar o aluno da realidade do conteúdo com o seu cotidiano, ou seja, o aluno obtendo o conhecimento do conteúdo e levando o seu entendimento para determinada aplicabilidade do seu cotidiano, entende-se que está desenvolvendo a modelagem matemática. Outro momento pertinente é aproximar o aluno do seu cotidiano através de oficinas propostas pelo professor, que são os caminhos seguidos para resgatar as habilidades.

Destaca-se autores envolvidos com a Modelagem Matemática, com contribuições significativas para a pesquisa e o ensino de Matemática, dentre eles D'Ambrosio (1986, 2003, 2009, 2010, 2016), Bassanezi (2004, 2011, 2015) e Biembengut (1990,1999, 2016). Dos quais proporcionam caminhos que nos auxiliam para o desenvolvimento das competências e habilidades.

Observando os diálogos de autores que trabalham com a Modelagem Matemática, buscou-se durante as aulas de Matemática e Nivelamento aproximarem o aluno dessa realidade, abstrato e concreto, pois seria o caminho relevante para sanar lacunas de conteúdos das séries anteriores. Então foi-se planejado de acordo com os descritores dos quais eles não tinha habilidades a trabalhar com exemplos relacionado ao seu cotidiano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Braumann (2002), aprender Matemática não é simplesmente compreender a Matemática já feita, é tornar-se capaz de fazer investigações de natureza matemática. Só assim se pode verdadeiramente perceber o que é a matemática e a sua utilidade na compreensão e na investigação do mundo.

Ao chegar na Escola já tinha sido aplicado o primeiro diagnóstico, porém participei do alinhamento e das propostas de intervenções. No entanto o foco principal foi para as turmas de ensino médio e não tive acesso ao diagnóstico do 9° ano, somente ao resultado final. Então, partindo dos gráficos apresentado no alinhamento sobre o primeiro diagnóstico apliquei um outro diagnóstico envolvendo descritores das séries anteriores e assim iniciar um

trabalho com uma análise mais precisa do conhecimento dos alunos em relação ao ensino da Matemática.

1° passo: Diálogo com os alunos sobre as avaliações externas;

2° passo: Apresentação da Matriz de Referência e da BNCC, exposta em um painel construído na sala.

3° passo: Elaboração do Guia de Aprendizagem contemplando os descritores da série em curso e as habilidades da BNCC;

4° passo: Explicação sobre a metodologia trabalhada, comparativo de média das turmas e evolução dos descritores a serem recuperados de acordo com o diagnóstico;

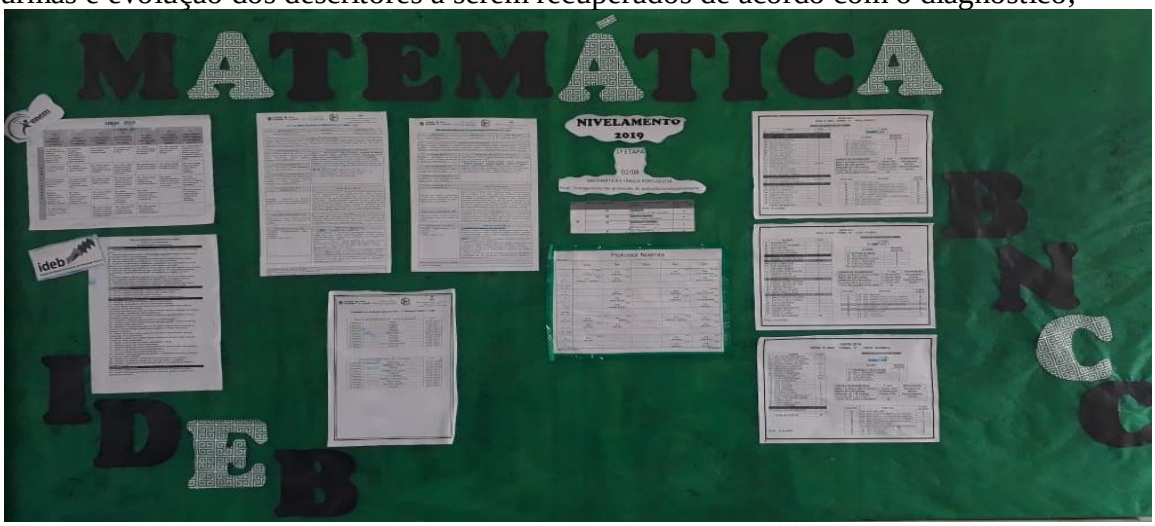


Figura 1: Painel construído na sala

5° passo: Elabora diagnóstico com os descritores mais básicos das séries anteriores, contendo apenas 10 questões, visto que o aluno não estava familiarizado com a metodologia.

6° passo: Divulgação do primeiro diagnóstico.

IDEPB 2019
SÉRIE: 9º ANO TURMA: "A" - PROF: NOEMITA

MÉDIA DE ACERTOS DA TURMA

	1º DIAG
9º ANO	7,0

	ALUNOS	1º DIAG
01	ALINE SILVA	XXXXXXX
02	ANALICE SOUSA	10
03	CAMILA DE OLIVEIRA	10
04	CYNTHIA FERREIRA	5
05	DAVID EMANUEL	6
06	DJENIFFERMIKAELLY	7
07	EMILLY WANESSA	6
08	FELIPE SILVA GOMES	4
09	GISELLY DE SOUZA	7
10	HIAGO EMANUEL	6
11	JAYNARA PRISCILA	9
12	JENNYFER WILLYANA	5
13	JOANDERSON GUSTAVO	XXXXXXX
14	JOSE LUCIANO	7
15	LETICIA DOS SANTOS	9
16	LIDIANE DE ALMEIDA	7
17	MARIA HELOISA FARIAS	5
18	MARIA JULIA FERNANDES	10
19	MARIA LUIZA DE SOUSA	XXXXXXX
20	MIRIAM GABRIELE ARAUJO	8
21	NUBIA ISAURA CUSTODIO	10
22	RAFAELA DA SILVA	8
23	REBECA ERICHIELY	8
24	SARAH EMILLY LUCAS	1
25	SIMONE EDUARDA	6
26	TAYNARA ADRYELI	8
27	VANESSA GOMES	7
28	YASMIM VICTORIA	6
	TOTAL DE ACERTOS	175

TOTAL: 28 ALUNOS

	ALUNOS	MAIORES ACERTOS
1ª	ANALICE SOUSA	10
2ª	CAMILA DE OLIVEIRA	10
3ª	MARIA JULIA	10
4ª	NUBIA ISAURA	10
5ª	JAYNARA PRISCILA	9
6ª	LETICIA DOS SANTOS	9

PADRAO DE DESEMPENHO	1º AVS	INTERVENÇAO
Abaixo do Básico (até 03 acertos)	1 aluno (4%)	Recuperação
Básico (04 a 06 acertos)	9 alunos (36%)	Reforço
Adequado (07 a 08 acertos)	9 alunos (36%)	Aprofundamento
Avançado (09 a 10 acertos)	6 aluno (24%)	Desafio
TOTAL DE ALUNOS AVALIADOS	25	

QUESTOES	CONTEUDO	ALUNOS ACERTOS
01	D 19 – SAEB - MMC e MDC	22
02	D 16 – SAEB -NUMEROS INTEIROS NA RETA NUMERICA	20
03	D 16 – SAEB -NUMEROS INTEIROS NA RETA NUMERICA	22
04	D 17 – SAEB -NUMEROS RACIONAIS NA RETA NUMERICA	17
05	D 21 – SAEB -PROBLEMA COM NUMEROS RACIONAIS	17
06	D 17 – SAEB -NUMERO RACIONAL	11
07	D21 - SAEB -ADIÇAO E SUBTRAÇAO DE NUMERO RACIONAL	22
08	D 28 – SAEB -PORCENTAGEM	20
09	D 29 – SAEB -GRANDEZAS	14
10	D 18 - SAEB - POTENCIAÇAO	13

Figura 2: Dados do primeiro diagnóstico 9° Ano A.

IDEPB 2019
SERIE: 9º ANO TURMA: "B" - PROF: NOEMITA

	ALUNOS	1º DIAG
01	ALESSANDRA	5
02	ALINE SILVA JERONIMO	3
03	ANA BEATRIZ	8
04	ANA LIVIA SANTOS	5
05	ANDERSON OLIVEIRA	8
06	ARTHUR OLIVEIRA	9
07	DENIZE VICENTE DA SILVA	3
08	EMANUELLY SILVA ALVES	XXXXX
09	EVELLY MARJORIE	8
10	EVELYN GRAZIELI	7
11	GERLANIA RAMOS	3
12	GEYSON LUCAS SANTOS	3
13	INGRID EWELLIN	5
14	JESSICA JAQUELINE	2
15	JOSE VICTOR	XXXXX
16	JUNIOR GABRIEL SOARES	4
17	KEREN LORAYNI DE LIMA	3
18	LARISSA MIKAELLY	5
19	LORENA ESTHEFANY	5
20	MARIA ANGELA SILVA	6
21	MARIA IZABEL BATISTA	XXXXX
22	MARIA PRISCILA PRAZERES	3
23	MATHEUS SILVA GOMES	5
24	PAULO HENRIQUE	6
25	RAI JHONATAN	7
26	RENNAN DOS SANTOS	4
27	SAMUEL VITOR	5
28	WESLLEY JHONY	7
	TOTAL DE ACERTOS	129

TOTAL: 25 ALUNOS

MÉDIA DE ACERTOS DA TURMA

	1º DIAG
9º ANO	5,16

	ALUNOS	MAIORES ACERTOS
1ª	ARTHUR OLIVEIRA	9
2ª	ANA BEATRIZ	8
3ª	ANDERSON OLIVEIRA	8
4ª	EVELLY MARJORIE	8
5ª	EVELYN GRAZIELI	7
6ª	WESLLEY JHONY	7

PADRAO DE DESEMPENHO	1º AVS	INTERVENÇAO
Abaixo do Básico (até 03 acertos)	7 alunos (28%)	Recuperação
Básico (04 a 06 acertos)	11 alunos (44%)	Reforço
Adequado (07 a 08 acertos)	6 alunos (24%)	Aprofundamento
Avançado (09 a 10 acertos)	1 aluno (4%)	Desafio
TOTAL DE ALUNOS AVALIADOS	25	

QUESTOES	CONTEUDO	ALUNOS ACERTOS
01	D 19 – SAEB - MMC e MDC	9
02	D 16 – SAEB -NUMEROS INTEIROS NA RETA NUMERICA	10
03	D 16 – SAEB -NUMEROS INTEIROS NA RETA NUMERICA	14
04	D 17 – SAEB -NUMEROS RACIONAIS NA RETA NUMERICA	9
05	D 21 – SAEB -PROBLEMA COM NUMEROS RACIONAIS	21
06	D 17 – SAEB -NUMERO RACIONAL	6
07	D21- SAEB-ADIÇAO E SUBTRAÇAO DE NUMERO RACIONAL	20
08	D 28 – SAEB -PORCENTAGEM	6
09	D 29 – SAEB -GRANDEZAS	9
10	D 18 - SAEB - POTENCIAÇAO	9

Figura 3: Dados do primeiro diagnóstico, 9° Ano B.

IDEPB 2019
SÉRIE: 9º ANO TURMA: "C" - PROF: NOEMITA

	ALUNOS	1º DIAG
01	ADELSON DO NASCIMENTO	3
02	ANA CLARA BEZERRA CHAGAS	1
03	CIDIELY SAMIRYS TAVARES	5
04	DAYVYD GOMES DOS SANTOS	XXXX
05	ELDER KAIK GUIMARAES	4
06	EMERSON DA SILVA LIMA	3
07	GABRIEL SANTOS	4
08	GRAZIELE APARECIDA	5
09	HENRIQUE OLIVEIRA	XXXX
10	ITALO IVISSON GOMES	XXXX
11	JOAO LUCAS SILVA	3
12	JOAO VICTOR	4
13	JOSE ARILSSON	6
14	JOSE EMANUEL	0
15	KELVIN GUTIERRY	6
16	LEYDSON RICARDO	5
17	LUCAS GABRIEL SANTOS SILVA	5
18	RAELY DOS SANTOS RAMOS	7
19	SAMUEL LUCAS	2
20	SARAH CAMILLY SILVA	2
21	YTALLO HERNANE	7
22	EMANUELLY SILVA ALVES	8
23	MARIA EDUARDA DOS REIS	5
	TOTAL DE ACERTOS	85

TOTAL: 23 ALUNOS

MÉDIA DE ACERTOS DA TURMA

	1º DIAG
9º ANO	4,25

	ALUNOS	MAIORES ACERTOS
1º	EMANUELLY SILVA ALVES	8
2º	RAELY DOS SANTOS RAMOS	7
3º	YTALLO HERNANE	7
4º	JOSE ARILSSON	6
5º	KELVIN GUTIERRY	6

PADRAO DE DESEMPENHO	1º AVS	INTERVENÇAO
Abaixo do Básico (até 03 acertos)	7 alunos (35%)	Recuperação
Básico (04 a 06 acertos)	10 alunos (50%)	Reforço
Adequado (07 a 08 acertos)	3 alunos (15%)	Aprofundamento
Avançado (09 a 10 acertos)	----------	Desafio
TOTAL DE ALUNOS AVALIADOS	20	

QUESTOES	CONTEUDO	ALUNOS ACERTOS
01	D 19 – SAEB - MMC e MDC	2
02	D 16 – SAEB -NUMEROS INTEIROS NA RETA NUMERICA	5
03	D 16 – SAEB -NUMEROS INTEIROS NA RETA NUMERICA	11
04	D 17 – SAEB -NUMEROS RACIONAIS NA RETA NUMERICA	8
05	D 21 – SAEB -PROBLEMA COM NUMEROS RACIONAIS	9
06	D 17 – SAEB -NUMERO RACIONAL	5
07	D21- SAEB-ADIÇAO E SUBTRAÇAO DE NUMERO RACIONAL	17
08	D 28 – SAEB -PORCENTAGEM	12
09	D 29 – SAEB -GRANDEZAS	10
10	D 18 - SAEB - POTENCIAÇAO	5

Figura 4: Dados do primeiro diagnóstico, 9° Ano C.

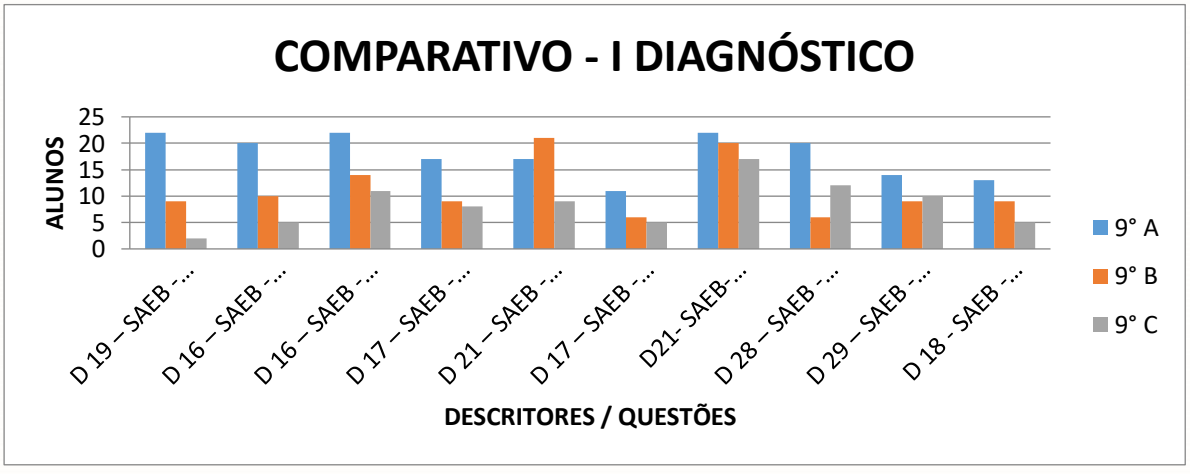


Gráfico 1: Comparativo das turmas de 9° Ano.

Nesses quadros estão expostos o quantitativo de questões que cada aluno acertou, a média da turma, alunos faltosos que prejudicaram a média da turma, o modelo de intervenção de acordo com o padrão de desempenho e os descritores que mais erraram e acertaram.

Com os dados catalogados, alunos conscientes de suas dificuldades, aplica-se o próximo passo.

7° passo: Alinha as sequências didáticas com os descritores a serem resgatados.

8° passo: Buscar aprofundamento e desafios conforme avanço.

O trabalho está sendo satisfatório, os alunos aos poucos vão entendendo a dinâmica e conforme os incentivos criados estão ficando motivados.

Para o 2° bimestre o diagnóstico teve um olhar diferenciado, ou seja, os alunos já compreenderam e familiarizaram com a metodologia, então aplicou-se um trabalho com 37 questões, envolvendo os 37 descritores, visto que nesse momento o aluno já estudou Equação do 2° grau, Teorema de Tale e Pitágoras.

Como elevou o número de questões, essa média poderia baixar, foi o que aconteceu com o 9° Ano A, além de 5 alunos faltarem, o rendimento caiu bastante, enquanto as outras 2 turmas, 9° Ano B e 9° Ano C buscaram manter-se ou cair pouco, uma das ferramentas foi tentar o 100% dos alunos no dia da prova.

IDEB 2019
SÉRIE: 9° ANO TURMA: "A" - PROF: NOEMITA

	ALUNOS	2° DIAG
01	ANALICE SOUSA	14
02	CAMILA DE OLIVEIRA	7
03	CYNTHIA FERREIRA	11
04	DAVID EMANUEL	8
05	DJENIFFERMIKAELLY	9
06	EMILLY WANESSA	7
07	FELIPE SILVA GOMES	7
08	GISELLY DE SOUZA	20
09	HIAGO EMANUEL	11
10	JAYNARA PRISCILA	11
11	JENNYFER WILLYANA	16
12	JOANDERSON GUSTAVO	XXXXX
13	JOSÉ LUCIANO	XXXXX
14	LETICIA DOS SANTOS	16
15	LIDIANE DE ALMEIDA	11
16	MARIA HELOISA FARIAS	XXXXX
17	MARIA JULIA FERNANDES	34
18	MIRIAM GABRIELE ARAUJO	22
19	NUBIA ISAURA CUSTODIO	9
20	RAFAELA DA SILVA	14
21	REBECA ERICHIELY	12
22	SARAH EMILLY LUCAS	XXXXX
23	SIMONE EDUARDA	XXXXX
24	TAYNARA ADRYELI	9
25	VANESSA GOMES	4
26	YASMIM VICTORIA	7
27		
28		
	TOTAL DE ACERTOS	259

TOTAL: 26 ALUNOS

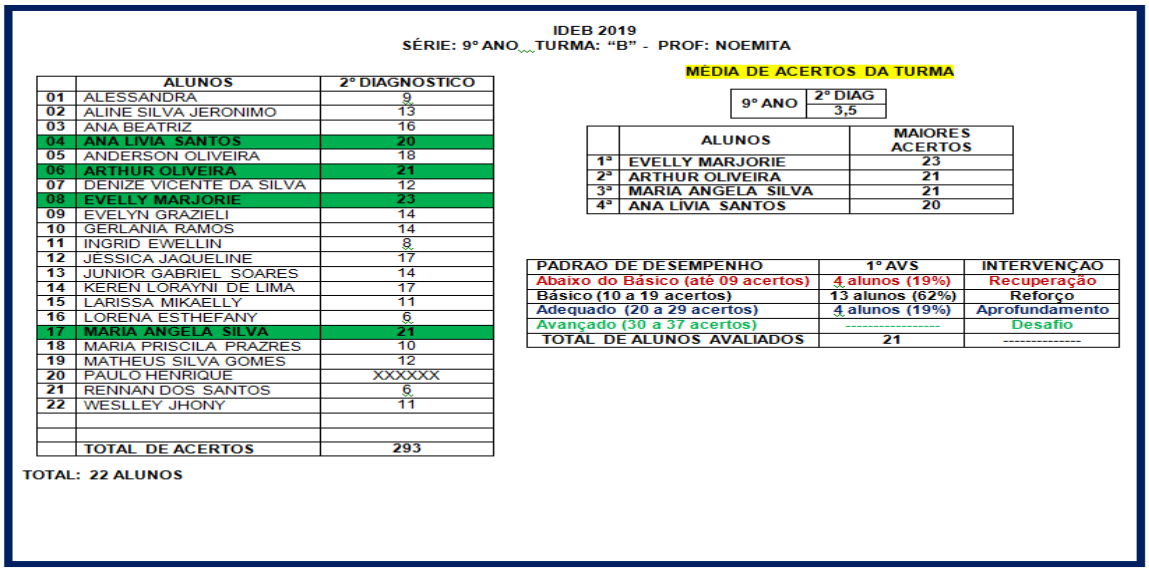
MÉDIA DE ACERTOS DA TURMA

9° ANO	2° DIAG
	2,6

	ALUNOS	MAIORES ACERTOS
1°	MARIA JULIA	34
2°	MIRIAM GABRIELE	22
3°	GISELLY DE SOUZA	20

PADRÃO DE DESEMPENHO	1° AVS	INTERVENÇÃO
Abaixo do Básico (até 09 acertos)	9 alunos (43%)	Recuperação
Básico (10 a 19 acertos)	9 alunos (43%)	Reforço
Adequado (20 a 29 acertos)	2 alunos (10%)	Aprofundamento
Avançado (30 a 37 acertos)	1 aluno (4%)	Desafio
TOTAL DE ALUNOS AVALIADOS	21	----------

Figura 5: Dados do segundo diagnóstico, 9° Ano A.



IDEB 2019
SÉRIE: 9° ANO TURMA: "B" - PROF: NOEMITA

	ALUNOS	2° DIAGNOSTICO
01	ALESSANDRA	9
02	ALINE SILVA JERONIMO	13
03	ANA BEATRIZ	16
04	ANA LIVIA SANTOS	20
05	ANDERSON OLIVEIRA	18
06	ARTHUR OLIVEIRA	21
07	DENIZE VICENTE DA SILVA	12
08	EVELLY MARJORIE	23
09	EVELYN GRAZIELI	14
10	GERLANIA RAMOS	14
11	INGRID EWELLIN	8
12	JESSICA JAQUELINE	17
13	JUNIOR GABRIEL SOARES	14
14	KEREN LORAYNI DE LIMA	17
15	LARISSA MIKAELLY	11
16	LORENA ESTHEFANY	6
17	MARIA ANGELA SILVA	21
18	MARIA PRISCILA PRAZRES	10
19	MATHEUS SILVA GOMES	12
20	PAULO HENRIQUE	XXXXXX
21	RENNAN DOS SANTOS	6
22	WESLLEY JHONY	11
	TOTAL DE ACERTOS	293

TOTAL: 22 ALUNOS

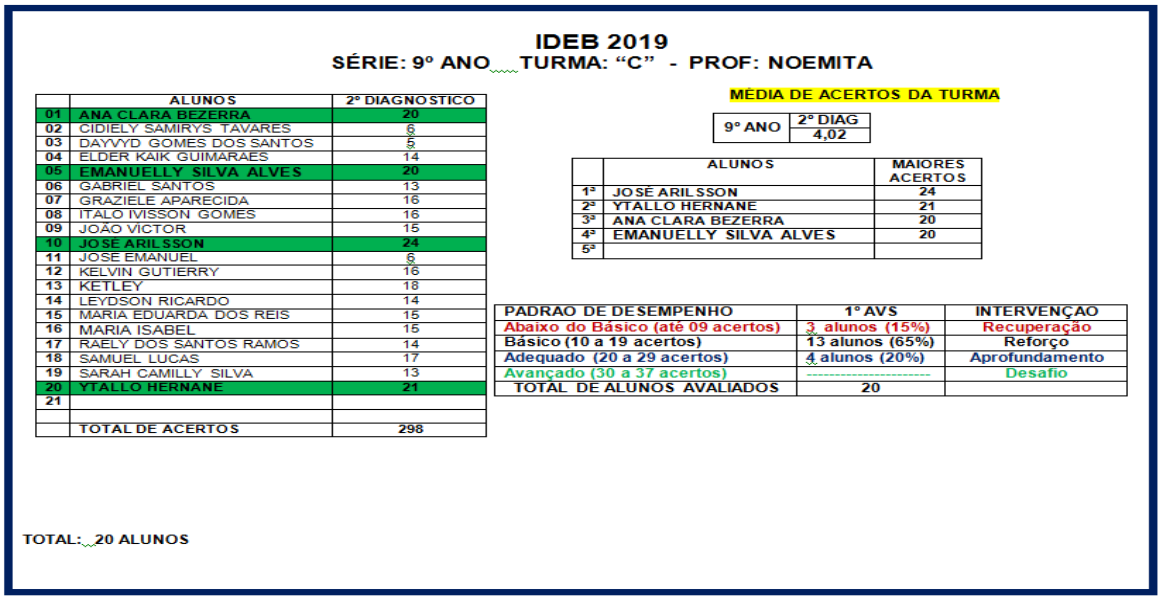
MÉDIA DE ACERTOS DA TURMA

9° ANO	2° DIAG
	3,5

	ALUNOS	MAIORES ACERTOS
1ª	EVELLY MARJORIE	23
2ª	ARTHUR OLIVEIRA	21
3ª	MARIA ANGELA SILVA	21
4ª	ANA LIVIA SANTOS	20

PADRÃO DE DESEMPENHO	1° AVS	INTERVENÇÃO
Abaixo do Básico (até 09 acertos)	4 alunos (19%)	Recuperação
Básico (10 a 19 acertos)	13 alunos (62%)	Reforço
Adequado (20 a 29 acertos)	4 alunos (19%)	Aprofundamento
Avançado (30 a 37 acertos)	----------	Desafio
TOTAL DE ALUNOS AVALIADOS	21	----------

Figura 6: Dados do segundo diagnóstico, 9° Ano B.



IDEB 2019
SÉRIE: 9° ANO TURMA: "C" - PROF: NOEMITA

	ALUNOS	2° DIAGNOSTICO
01	ANA CLARA BEZERRA	20
02	CIDIELY SAMIRYS TAVARES	6
03	DAYVYD GOMES DOS SANTOS	5
04	ELDER KAIK GUIMARAES	14
05	EMANUELLY SILVA ALVES	20
06	GABRIEL SANTOS	13
07	GRAZIELE APARECIDA	16
08	ITALO IVISSON GOMES	16
09	JOÃO VICTOR	15
10	JOSÉ ARILSSON	24
11	JOSÉ EMANUEL	8
12	KELVIN GUTIERRY	16
13	KETLEY	18
14	LEYDSON RICARDO	14
15	MARIA EDUARDA DOS REIS	15
16	MARIA ISABEL	15
17	RAELY DOS SANTOS RAMOS	14
18	SAMUEL LUCAS	17
19	SARAH CAMILLY SILVA	13
20	YTALLO HERNANE	21
21		
	TOTAL DE ACERTOS	298

TOTAL: 20 ALUNOS

MÉDIA DE ACERTOS DA TURMA

9° ANO	2° DIAG
	4,02

	ALUNOS	MAIORES ACERTOS
1ª	JOSÉ ARILSSON	24
2ª	YTALLO HERNANE	21
3ª	ANA CLARA BEZERRA	20
4ª	EMANUELLY SILVA ALVES	20
5ª		

PADRÃO DE DESEMPENHO	1° AVS	INTERVENÇÃO
Abaixo do Básico (até 09 acertos)	3 alunos (15%)	Recuperação
Básico (10 a 19 acertos)	13 alunos (65%)	Reforço
Adequado (20 a 29 acertos)	4 alunos (20%)	Aprofundamento
Avançado (30 a 37 acertos)	----------	Desafio
TOTAL DE ALUNOS AVALIADOS	20	

Figura 7: Dados do segundo diagnóstico, 9° Ano C.

Esses diagnósticos servem como ajuda para as avaliações propostas ao longo do semestre, visto que trabalha-se com os descritores aumentando o grau de dificuldade.

Os gráficos abaixo resumem o detalhamento de cada turma.

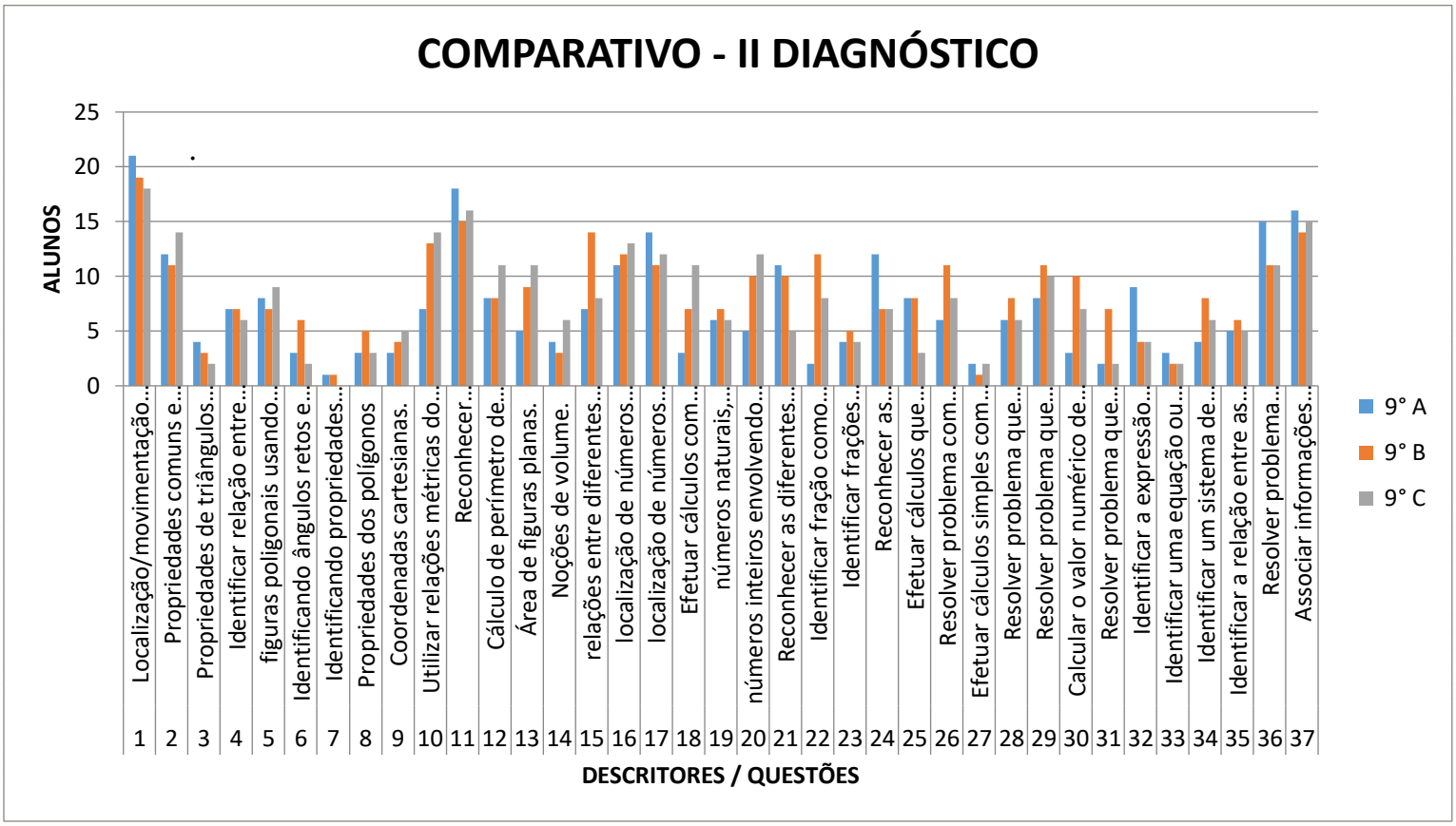


Gráfico 2: Comparativo das turmas de 9° Ano.

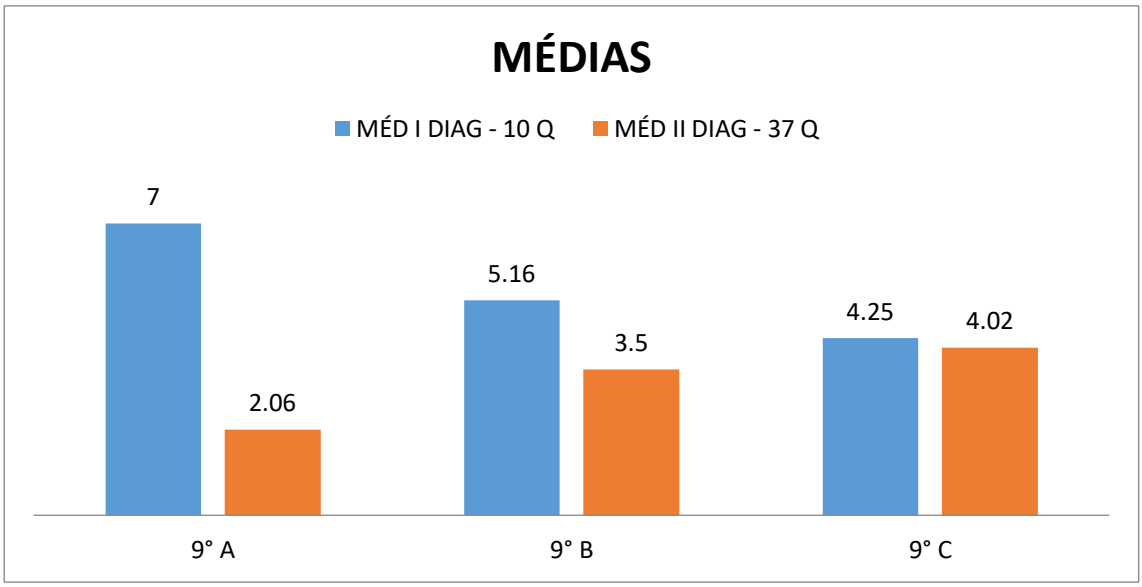


Gráfico 3: Comparativo das médias do primeiro e segundo diagnóstico, turmas de 9° Ano.

Com a retomada das aulas, durante a semana pedagógica de julho foi apresentado aos professores os caminhos que foram trabalhados para resgatar essas competências e habilidades, sugerindo também a motivá-los a unirmos para avançar no IDEB. Houve diálogo

com as professoras de Português e Matemática do 3° Ano médio, com a possibilidade de também amarrar uma evolução do aluno.



Figura 8: Apresentação dos dados das turmas de 9 Ano para os professores das Escola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho deixou evidente que é necessário melhorar o processo de ensino aprendizagem, sendo imprescindível utilizar novas metodologias de trabalho, através dos recursos materiais disponíveis, das mais variadas formas e também participando de discussões com colegas de profissão na escola e nas formações, etc, deixando claro que os resultados das avaliações externas são de responsabilidade de todos os professores dos anos finais, uma vez que as habilidades utilizadas são desenvolvidas em todo o ensino fundamental.

Para corroborar com com as ideias do parágrafo anterior, observa-se que a Modelagem Matemática é uma das formas de ensino e aprendizagem bem significativa para o aluno, tendo em vista, que esta pode servir de motivação para o aluno, que poderá perceber que é importante a aplicação do conteúdo matemático em situações problemas do seu cotidiano.

Sabe-se que o processo educacional proporciona diferentes metodologias de trabalho, bem como de aprendizagem, por isso, a relevância do professor fazer da observação e do uso sistemático para diagnosticar as dificuldades dos alunos e criar oportunidades diversificadas para que possam expressar seu conhecimento. Desse modo, os alunos pertencentes a este estudo tiveram a oportunidade de serem avaliados de forma diversas, com ferramentas variadas, com atividades objetivas e subjetivas, avaliação escrita, oficinas, práticas experimentais, debate, exercícios de fixação e resolução de problemas, incluindo a utilização

de ferramentas, como jogos, computador, calculadora e Tv multimídia, resolução de atividades da Olímpiada de matemática (OBMEP), diagnóticos com questões da Prova Brasil e também com a utilização de slides.

Constatou-se com esse estudo, que o ensino aprendizagem perpassa, por situações mais complexas do que somente a inovação do método de trabalho do professor, pois o sucesso deste se faz necessário, com o comprometimento de toda a comunidade escolar, direção, equipe pedagógica, professor, secretaria de educação, família e principalmente do interesse do aluno. Ressaltando que os fatores sociais é o maior gargalo encontrado nessa Escola.

Sendo assim, vale ressaltar que os alunos envolvidos no trabalho demonstraram motivação para continuar se esforçando em relação os conteúdos dsa séries anteriores e os em curso, gradativamente foram se envolvendo, se empolgando com as atividades, os diagnósticos, os resultados expostos, as médias da sala. Enfim, acredita-se que, esta metodologia de trabalho, possa servir como mola propulsora no sentido de motivação para os alunos e percepção de que o ensino da matemática é muito mais que os conteúdos que normalmente são trabalhados de forma repetitiva em sala de aula.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C.Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2011.

BRAUMANN, C. "**DIVAGAÇÕES SOBRE INVESTIGAÇÃO MATEMÁTICA E SEUPAPEL NA APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA"**. IN: PONTE, J. P. ET AL. ACTIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO NA APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA E NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES. LISBOA: SEM-SPCE, 2002.

BRITO, M.R. F de . Contribuições da psicologia educacional à educação matemática. In:_____. (Org.). Psicologia da educação matemática: teoria e pesquisa. 2. ed. Florianópolis: Insular, 2005, p. 49 – 64.

D'AMBROSIO, U. História, Etnomatemática, Educação e Modelagem. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2003, Blumenau. **Anais da XI Conferência Interamericana de Educação Matemática.** Blumenau: FURB, 2003.

JÚNIOR, A. G. M., SANTO, A. O. E. **MODELAGEM COMO CAMINHO PARA "FAZER MATEMÁTICA" NA SALA DE AULA.** Disponível em:< http://www.somaticaeducar.com.br/arquivo/artigo/1-2008-09-04-18-08-55.pdf Acesso em: 10 de Julho. 2019.

GOLDBERG, Marco César. **EDUCAÇÃO E QUALIDADE: REPENSANDO CONCEITOS.** Revistabrasileira de estudos pedagógicos. São Paulo, v. 79, p. 35-50, set./dez. 1998.

INSTITUTO UNIBANCO, Disponível em: <http://www.institutounibanco.org.br/jovem-de-futuro/boletim-jovem-de-futuro-3> Acesso em 12 de fevereiro de 2016.

PDE **Prova Brasil**. Matrizes de Referência, Temas Tópicos e Descritores. Plano de Desenvolvimento da Educação. Brasília: 2009.

SÍNTESE POR REAÇÃO DE COMBUSTÃO DO COMPÓSITO FERRÍTICO CO-BA E SUA APLICAÇÃO CATALÍTICA NA OBTENÇÃO DE ÉSTER METÍLICO

Julyanne Rodrigues de Medeiros Pontes [1]
Elvia Leal [2]
Joelda Dantas [3]
Ana Cristina Figueiredo de Melo Costa [4]

RESUMO

Neste estudo, o compósito cerâmico magnético magnetita/hexaferrita Co-Ba foi sintetizado por reação de combustão e utilizado na catálise heterogênea para produzir biodiesel de óleo acidificado para simular o óleo residual de fritura, via esterificação. O catalisador foi caracterizado por DRX e TG, e o biodiesel por cromatografia gasosa. O difratograma exibiu a magnetita (Fe_3O_4) como fase majoritária, seguida da hexaferrita Co-Ba do tipo Y ($BaCoFe_6O_{11}$), além de outras fases remanescentes. O compósito cerâmico apresentou cristalinidade de 43,6% e tamanho de cristalito 29,70 nm, caracterizando um material nanométrico. Mediante a termogravimetria, observou-se uma discreta perda de massa, no valor de 2,074%, caracterizando o compósito como sendo termicamente estável. A conversão do biodiesel foi realizada nas condições experimentais de 3% de catalisador, razão molar de 1:15 (óleo: metanol), na temperatura de 180°C com duração de 1 hora. O compósito magnético mostrou-se um promissor catalisador heterogêneo com conversão de 75%, necessitando de estudos futuros para aumentar sua taxa de conversão.

Palavras chave: Compósito cerâmico, reação de combustão, magnetita, hexaferrita Co-Ba, biodiesel.

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional, a urbanização, a economia e o desenvolvimento industrial levaram ao aumento da demanda mundial de combustível fóssil e carvão mineral, que são fontes de energia não renováveis (Quah *et al.*, 2019; Tan *et al.*, 2019). Por conseguinte, os problemas ambientais e ecológicos tornaram-se cada vez mais proeminentes nos últimos anos. A melhor alternativa para atender às demandas futuras de combustível e resolver as preocupações socioeconômicas e ambientais é desenvolver combustíveis renováveis e

[1]Mestrando do curso de Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande -UFCG, rodrigues.julyanne13@gmail.com;
[2]Pós-Doutorando em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, elvialeal@gmail.com;
[3]Pós-Doutorando em Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, joelda.dantas@cear.ufpb.br;
[4]Professora orientadora, doutorado, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, ana.cristina@pq.cnpq.br

sustentáveis (Gargari e Sadrameli, 2018; Gebremariam e Marchetti, 2018). Oferecendo várias vantagens, incluindo ser biodegradável e sustentável, o biodiesel é uma das alternativas mais atrativas como biocombustível, principalmente pelo fato dele reduzir a emissão de gases poluentes, como monóxido de carbono e hidrocarbonetos não queimados, como também, reduzir a dependência de um país do petróleo bruto importado, ajudando a manter a preço de mercado dos combustíveis (Hernández-Montelongo *et al.*, 2018; Konwar *et al.*, 2018).

O biodiesel é um éster que poder ser produzido por várias técnicas incluindo, pirólise, transesterificação, fluido supercrítico, diluição e esterificação. Dentre as técnicas citadas a esterificação tem se destacado pela simplicidade e baixo custo. Ela consiste na reação entre o álcool e o ácido carboxílico para produção do éster mais a água (Vitiello *et al.*, 2016; Loures *et al.*, 2018), como ilustra a Figura 1.

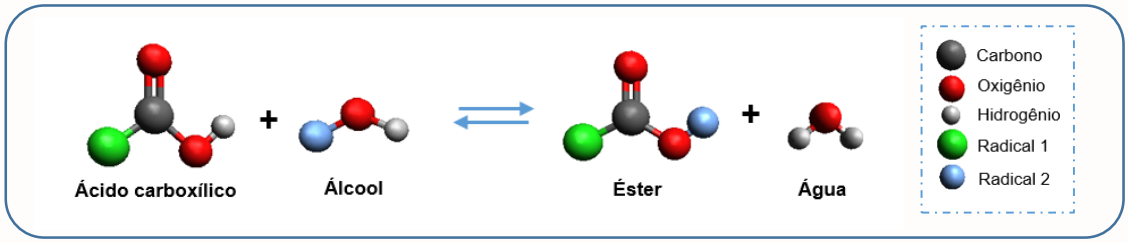


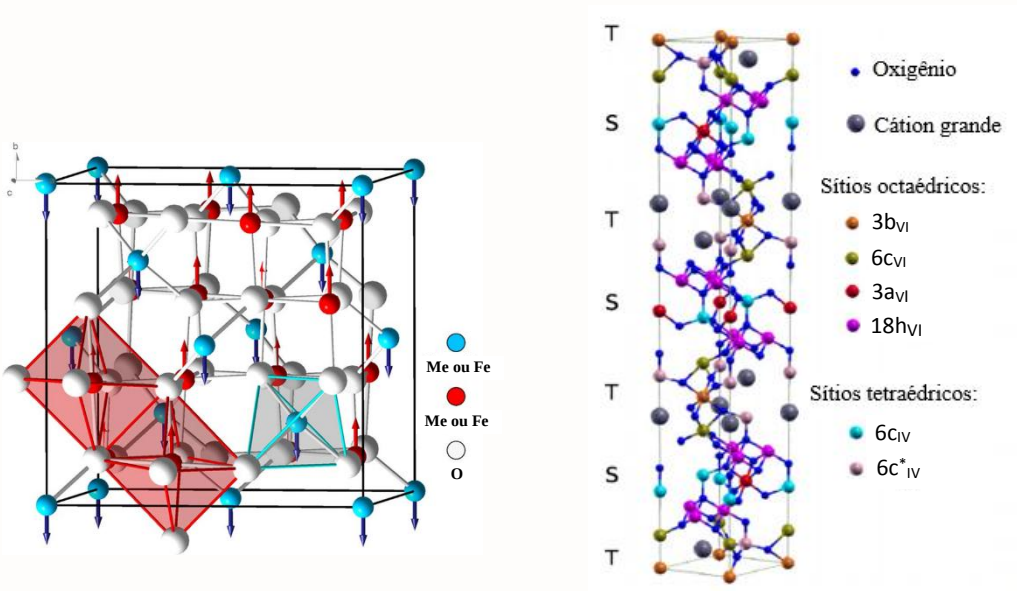
Figura 1 - Reação de esterificação (Zimmerman e Kokoo, 2018).

As principais fontes de matérias primas para a produção do biodiesel são óleo vegetais e gorduras animais, o que torna a produção do biodiesel, sustentável, porém o uso de matérias primas comestíveis acarreta várias consequências como, o uso extensivo da terra e competição entre industrias de biodiesel e alimentares (Acevedo *et al.*, 2018). Além disso cerca de 75% a 85% do preço do biodiesel é representado pela matéria-prima. Uma saída para esses problemas é o uso de óleos e gorduras não comestíveis e não refinados como o resíduo do óleo de fritura, onde é possível reutilizar um resíduo que normalmente é descartado de maneira errada e que leva a poluição de rios e nascentes de água nas proximidades da área urbana, ademais o uso dessa matéria prima promove a redução dos custos do biocombustível (Pan *et al.*, 2016; Zimmerman e Kokoo, 2018).

Na reação que produz o biodiesel é utilizado o catalisador, ele tem por finalidade aumentar a velocidade da reação, com isso o custo da sua produção diminui e o interesse industrial pelo biodiesel aumenta (Ullah *et al.*, 2016). São vários os tipos de catalisadores utilizados na produção do biodiesel, os que mais se destacam são o homogêneo, heterogêneo e

o enzimático. Dentre os catalisadores citados o heterogêneo tem se destacado no campo de pesquisa por promover uma maior facilidade de separação da mistura de reação, reutilização, baixa toxicidade, diminuição de custo de reação e ser ambientalmente limpo (Wang *et al.*, 2017). Em decorrência disso uma grande variedade de catalisadores tem sido estudado: ZnO (Casiello *et al.*, 2019), CaO (Hebbar *et al.*, 2018), Al_2O_3 (Özcan, 2019), SiO_2 (Meier *et al.*, 2018), ZrO_2 (Fatimah *et al.*, 2019) ,argilas (Saied e Yacob, 2018), ferritas (Dantas *et al.*, 2018); (Liu *et al.*, 2016); (Silva *et al.*, 2017); (Patil *et al.*, 2019). Dentre esses, as ferritas tem se destacado em virtude da suas excelentes propriedades, tais como elevada estabilidade termodinâmica, condutividade elétrica, atividade catalítica e resistência à corrosão (Dantas, 2016; Ashok *et al.*, 2019).

As ferritas são constituídas por uma mistura de óxidos metálicos, nos quais 70% de sua composição total é formada por óxido de ferro (Fe_2O_3), estruturalmente são classificadas em espinela, granada e hexagonais. As ferritas espinélio e hexagonais, as quais são objeto de estudo neste trabalho, possuem em sua estrutura íons de diferentes estados de oxidação tanto em sítios tetraédricos quanto em octaédricos como ilustra a Fig. 2 (Costa *et al.*, 2011; Diniz *et al.*, 2015).



(a) (b)

Figura 2 - Estruturas cristalinas de uma ferrita (a) espinélio (Harris, 2012) e (b) hexagonal (Kokalj, 2003).

Além disso, existem diversas formas de se arranjar os cátions nesses sítios, seja na forma de espinélio normal ou inverso, ou mesmo, em blocos, como é o caso da hexaferrita Y, cuja célula unitária é composta por 2 blocos, S e T, sendo S um bloco com duas camadas de

composição $(Fe_6O_8)^{2+}$, e o bloco T composto por duas camadas de composição [$(Ba, Sr)_2Fe_8O_{14}$] (Kohn et al., 1971; Pollert, 1984).

A diferença de estrutura cristalina em um material promove diferentes características aos materiais. Isso pode ser observado claramente nas ferritas, onde a estrutura espinélio é geralmente ferrimagnética e isolante, por outro lado a ferrita hexagonal possuem propriedades magnéticas dependentes da distribuição catiônicas. Quando distribuídos no ângulo de 180° graus os cátions promovem característica antiferromagnéticas, e quando em 90° graus favorece a configuração ferromagnético (Pullar, 2012; Chen *et al.*, 2017)

Recentemente os nanocatalisadores tem despertado a atenção em vários processos, como tratamento de água, entrega de medicamentos, optoeletrônica e produção de biodiesel. Ademais, o nanocatalisador desempenha um papel importante na produção de biodiesel devido às suas diversas características como alta estabilidade, atividade catalítica eficiente, fácil procedimento operacional e alta área superficial. Dentre essas propriedades a elevada área superficial, favorece um aumento significativo na sua reatividade, desempenhando um papel eminente em processos químicos, pelo aumento dos sítios catalíticos na superfície do catalisador (Varghese *et al.*, 2018; Zuliani *et al.*, 2018).

Propriedades magnéticas em um catalisador é uma característica que tem sido grandemente estudada por pesquisadores na área de catálise. Essa característica ajuda na fácil separação do produto reacional e do catalisador por meio de um campo externo aplicado, geralmente por um ímã, como ilustra a Fig. 3 (Kashid *et al.*, 2018)

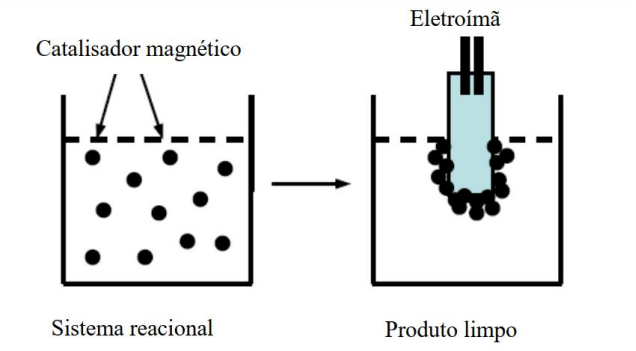


Figura 3 - Separação de nanocatalisadores magnético (Santos, 2016).

Outrossim a separação torna-se mais econômica pelo fato de requerer menos tempo, reduzindo, assim, o risco de desativação do catalisador, causada por exposição durante sua

reciclagem, aumentando a sua capacidade de reutilização em comparação com a filtração ou centrifugação (Quah *et al.*, 2019).

Vários métodos podem ser aplicados na a síntese de hexaferritas incluindo sol-gel, micro-emulsão, reação do estado sólido, co-precipitação, hidrotérmico, reação de combustão, etc. Dentre eles a reação de combustão se destaca por possibilitar uma aplicação em larga escala, não exigir reagentes caros e tóxicos, rota de síntese simples, tempo de reação rápido e controle de estequiometria (Franco Jr e Pessoni, 2017; Dantas *et al.*, 2018)

A reação de combustão consiste na reação exotérmica que ocorre entre a combinação de nitratos metálicos com um combustível promovendo a obtenção do pó cerâmico. O processo é baseado no princípio que uma vez iniciada por uma fonte externa, a reação exotérmica se auto sustenta promovendo a obtenção do produto final em um curto intervalo de tempo. As condições da reação podem ser controladas ajustando a quantidade do combustível e controlando a temperatura. Dentre os vários tipos de combustíveis a glicina, a ureia e o ácido cítrico, em particular, são combustíveis adequados porque podem atuar como um agente complexante do íon metálico na solução, assim o calor necessário para sustentar a reação química é fornecido pela própria reação e não por uma fonte externa. O produto resultante, é um pó cerâmico puro quimicamente, de alta cristalinidade e homogêneo (Ramírez *et al.*, 2017; Leal *et al.*, 2018).

Tendo em vista a forte dependência econômica e social de combustíveis derivados do petróleo, o desenvolvimento de um combustível renovável possui inúmeros benefícios, dentre eles a redução dos gastos com a importação do petróleo; melhoria da qualidade do ar, autossuficiência energética, entre outros. Diante disso, o objetivo desse trabalho é sintetizar pelo método de combustão o compósito ferrítico magnetita/hexaferrita Co- Ba e avaliar seu desempenho como nanocatalisador heterogêneo em reações de esterificação para obtenção de biodiesel utilizando o óleo acidificado, que simula o óleo residual de fritura, por rota etílica.

METODOLOGIA

A síntese do compósito ferrítico magnetita/hexaferrita Co-Ba foi feita pela de reação de combustão utilizando a mistura dos nitratos hidratados de ferro (969,6g/mol), bário (78,40 g/mol) e cobalto (58,20 g/mol), como reagentes oxidantes, e a ureia (410,40 g/mol) como agente redutor, ou combustível. Todos os reagentes com grau de pureza 98-99%. A proporção da mistura inicial de cada reagente foi calculada de acordo com as valências dos elementos reativos

estabelecidos pela estequiometria da reação de acordo com os conceitos da química dos propelentes e explosivos (Jain *et al.*, 1981). A mistura de nitratos metálicos combustível foi submetida ao aquecimento direto em um reator cônico de aço inox com capacidade de 200 g/batelada (Fig. 4), projetado para síntese de combustão em escala piloto (Costa e Kiminami, 2012). Como produto da reação, obteve-se a ferrita na forma de flocos, a qual foi desaglomerada em um almofariz e peneirada em malha ABNT 325 mesh (44 μm). Durante a síntese de reação de combustão, a temperatura de reação foi aferida em intervalos de tempo de 5 em 5 segundos, de forma online, utilizado um pirômetro infravermelho de marca Raytek, modelo RAYR3I ± 2ºC). E para marcar o tempo de síntese foi utilizado um cronômetro digital de marca Technos.



(a) (b)

Figura 4 - Imagens do (a) reator de aço inox (Dantas, 2016) e (b) do mesmo em uso durante a reação de combustão.

A amostra foi caracterizada por difração de raios X (DRX), num difratômetro de raios X, da marca Bruker e modelo D2 Phaser, com fonte de radiação CuKα, λ = 1,542 Å, numa tensão de 30 kV, corrente de 10 mA, com detector 55D160, e varredura de 10 a 90°C com velocidade de varredura 0,016/min no modo contínuo, para determinação das fases formadas. A cristalinidade foi determinada a partir da razão entre a área integrada do pico referente à fase cristalina e a área referente à fração amorfa, utilizando o *software* DIFFRAC.EVA. O tamanho médio de cristalito também foi calculado pelo DIFFRAC.EVA com base na linha de alargamento de raios X do pico principal (d_{311}), por meio da deconvolução da linha de difração secundária do cério policristalino (utilizado como padrão) fazendo uso da Equação 1 de Scherrer (Sekar e Halliyal, 1998).

$$D_{hkl} = \frac{K\lambda}{\beta\cos(\theta)} \quad (1)$$

Onde: $\mathbf{D_{hkl}}$ - diâmetro médio das partículas; **K** - constante que depende da forma das partículas (esférica = 0,94); **λ** - comprimento de onda da radiação eletromagnética (Cu-Kα = 1,5406 Å); **θ** - ângulo de difração e **β (2θ)** - largura na metade da altura do pico de difração (FWHM).

Os espectros de FTIR foram obtidos usando um espectrômetro modelo VERTEX 70 ATR da marca Bruker, entre 4000 e 200 cm^{-1}, com resolução de 4 cm^{-1} e 20 varreduras, a temperatura ambiente e em presença do gás nitrogênio. A técnica foi utilizada para observar as bandas características do nanocatalisador e do biodiesel.

A análise termogravimétrica (TG/DTG) do nanocatalisador compósito foi realizada em um equipamento da marca Shimadzu, modelo DTG 60H. A análise foi realizada utilizando 5 ± 0,5 mg das amostras, sendo acondicionadas em um suporte de alumina com razão de aquecimento de 12,5°C.min^{-1}, numa faixa de temperatura variando da temperatura ambiente até 1000 °C, sob uma atmosfera dinâmica de nitrogênio, com vazão de 50 mL.min^{-1}.

Os testes catalíticos foram conduzidos em reator de aço inox com agitação magnética (Fig. 5), a uma temperatura de 180ºC, razão molar óleo: álcool de 1:15, com 5% de catalisador por 1 hora. Foram realizadas reações de esterificação metílica do óleo acidificado, em presença do catalisador magnético (compósito ferrítico Co-Ba), e o produto resultante foi analisado quanto a conversão em éster metílico, por cromatografia a gás usando cromatográfico VARIAN 450c com detector de ionização de chama em uma coluna capilar curta DB1 da J&W Scientific.

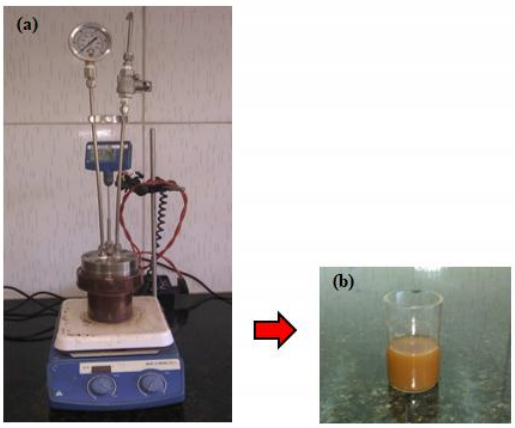


Figura 5 - (a) Reator magnético; (b) produto da reação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig. 6a encontra-se graficamente ilustrado a variação de temperatura em função do tempo de reação de síntese da compósito ferrítico Co-Ba. De maneira geral, observa-se que a temperatura de reação se mantém praticamente estável, mas com pequenas oscilações durante todo o intervalo de tempo que precede a ignição da reação, ou seja, o momento de elevação abrupta de temperatura com o surgimento de uma chama intensa e alaranjada até alcançar a temperatura máxima de combustão, que no caso, foi de 954°C. O tempo de chama da reação foi de apenas 21 segundos e o tempo total da reação de aproximadamente 15 minutos. Ao final da reação foi obtido um produto na forma de flocos porosos e friáveis como apresentado na Fig. 6b.

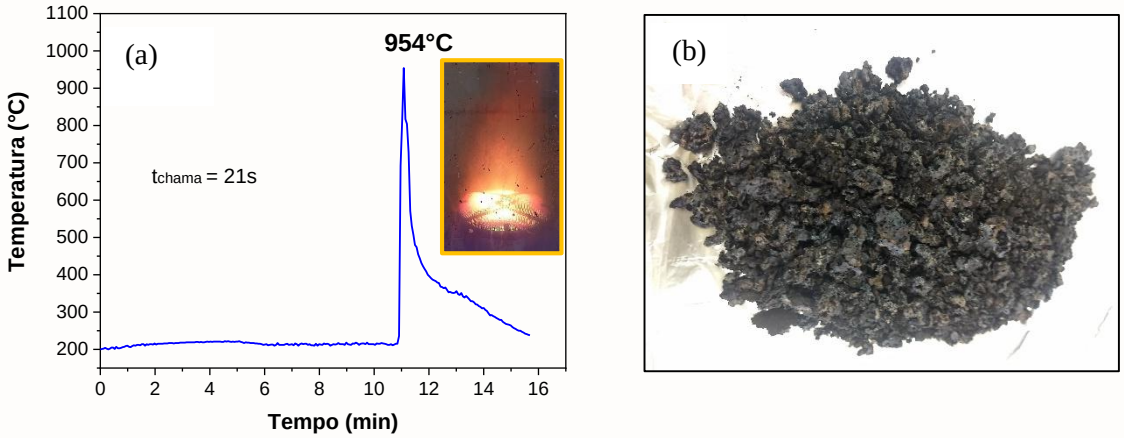


Figura 6 – (a) Curva tempo *versus* temperatura aferidos durante a síntese por combustão do compósito ferrítico Co-Ba, (b) obtido sob a forma de flocos porosos e friáveis.

De acordo com o difractograma da Fig. 7, observa-se a presença de picos intensos da fase magnetita de estrutura espinélio (Fe_3O_4 - Ficha PDF 01-075-9673), caracterizando a fase majoritária. Em sequência, observa-se a presença das fases secundárias da hexaferrita Co-Ba do tipo Y ($Ba_2CoFe_{12}O_{22}$ - Ficha PDF 00-044-0206) e da ferrita espinélio de bário ($BaFe_2O_4$ – Ficha 00-046-0113), caracterizando a formação do compósito ferrítico magnetita/hexaferrita Co-Ba. A temperatura fornecida durante a síntese por combustão foi suficiente para a formação do compósito ferrítico, com cristalinidade de 43,6 %, e tamanho de cristalito de 29,70 nm referente ao pico principal (311) da fase majoritária (Fe_3O_4).

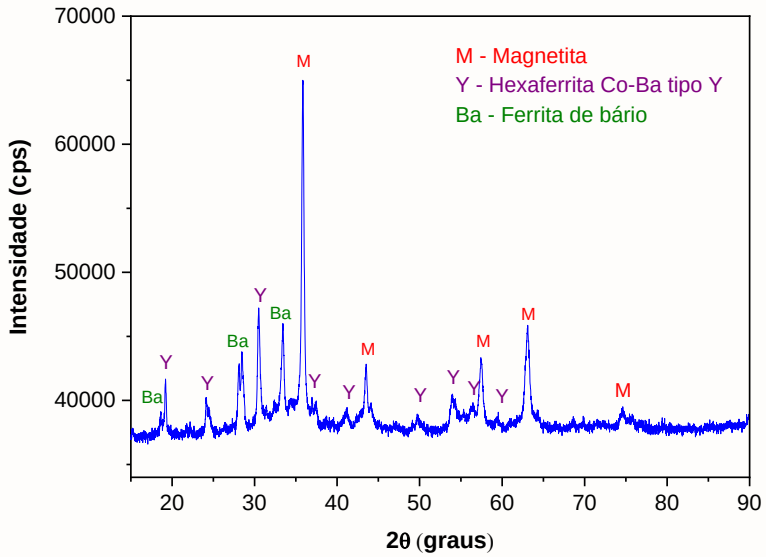


Figura 7 - Difratograma de raios X da amostra sintetizada por reação de combustão.

Na Fig. 8 pode-se observar o espectro de FTIR do compósito ferrítico em estudo. A pequena banda localizada a 860 cm^{-1} pode ser atribuída a frequência vibracional dos sítios octaédricos presentes nos blocos S e T de todo o complexo da estrutura da hexaferrita Y. A banda localizada em 626 cm^{-1} pode ser atribuída às vibrações nos sítios octaédricos nos limites dos blocos T-S também presentes na hexaferrita Y. A banda de absorção em torno de 541 cm^{-1} tem relação ao grupo octaédrico presente nos blocos espinélios. A banda localizada em 421 cm^{-1} pode ser atribuída às vibrações de estiramento do grupo Fe-O dos complexos tetraédricos nos blocos dos grupos espinélios.

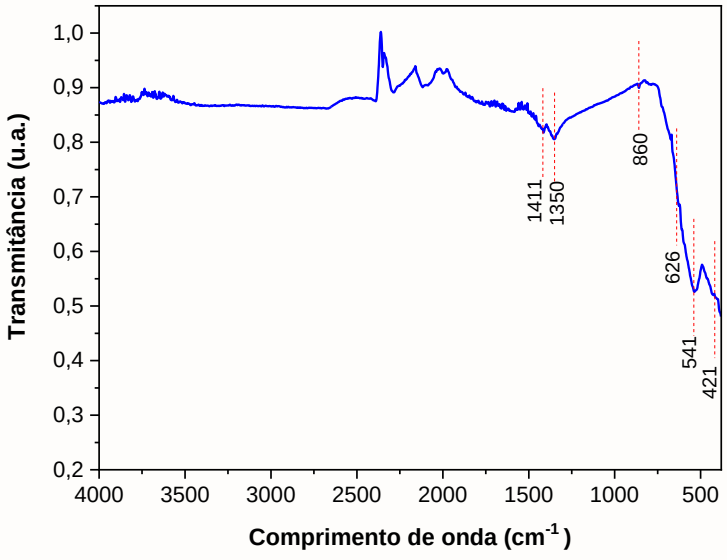


Figura 8– Espectro de FTIR do compósito ferrítico sintetizado por reação de combustão.

Ainda analisando o espectro de infravermelho do compósito ferrítico, pode-se observar uma banda em torno de 1411 cm^{-1} que pode ser atribuída às vibrações de estiramento de N-O do grupo NO_3^- proveniente dos nitratos (Tholkappiyan et al., 2017). A banda em aproximadamente 1350 cm^{-1} pode estar relacionada com as vibrações de estiramento do grupo C-N, proveniente de resquício de ureia não consumida durante a reação de combustão. As bandas de FTIR comprovam a presença de hexaferrita Y e de grupos espinélio que também podem estar presentes na magnetita e na ferrita de bário.

Na Fig. 9 se encontram as curvas de TG e DTG do compósito ferrítico em estudo. Na temperatura de 120° os picos exotérmicos correspondem a evaporação de água adsorvida. Já o pico localizado em 350°C é referente a decomposição e oxidação dos reagentes precursores que tem características hidratadas. Segundo Ahmad *et al.* (2013) no pico exotérmico na temperatura de 504°C ocorre a formação da monoferrita ou a decomposição do composto $BaCO_3$ por isso é observado maior perda de massa. Foi observado uma perda de massa total de apenas 2,074%, o que confirma a boa estabilidade do catalisador sintetizado.

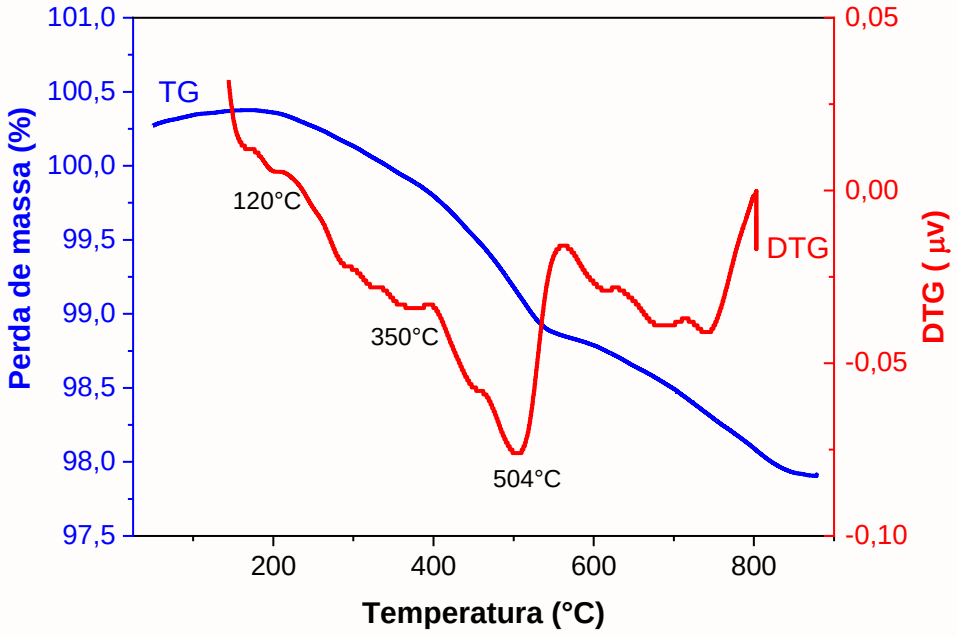


Figura 9 - Curva TG e DTG do compósito ferrítico magnetita/hexaferrita Co-Ba.

Na Fig.10 encontra-se o espectro de FTIR do produto obtido na esterificação do óleo ácidificado empregando o compósito ferrítico Co-Ba como catalisador magnético. As bandas localizadas em 1473 cm^{-1} C=O indica alta absorção de ésteres metílicos. As bandas, em torno

de 688 cm^{-1} e 722 cm^{-1} indicam a existência de =C-H ou CH_2 com flexão de alcenos e sobreposição de vibrações de balanço de metileno. As bandas localizadas em 2923 cm^{-1} e em 2852 cm^{-1} são atribuídos ao alongamento assimétrico de C-H e CH_2, respectivamente (Ouanji et al., 2016). É possível visualizar também a banda de absorção do álcool que ocorre em 3500 cm^{-1} (Atabani *et al.*, 2019). Em 3015 cm^{-1} ocorre vibrações de estiramento do grupo CH associado a presença de alcalinos.

A banda localizada em 1439 cm^{-1} corresponde às vibrações assimétricas do grupo $–CH_3$, característica de espectros de biodiesel, enquanto a banda vizinha em 1459 cm^{-1}, é típica do espectro de óleo de soja (Soares et al., 2008), ou seja, demonstrando a presença de óleo não convertido na reação de esterificação sob as condições adotadas. A banda localizada em 1168 cm^{-1} tem relação com a deformação axial assimétrica da ligação C-O do éster.

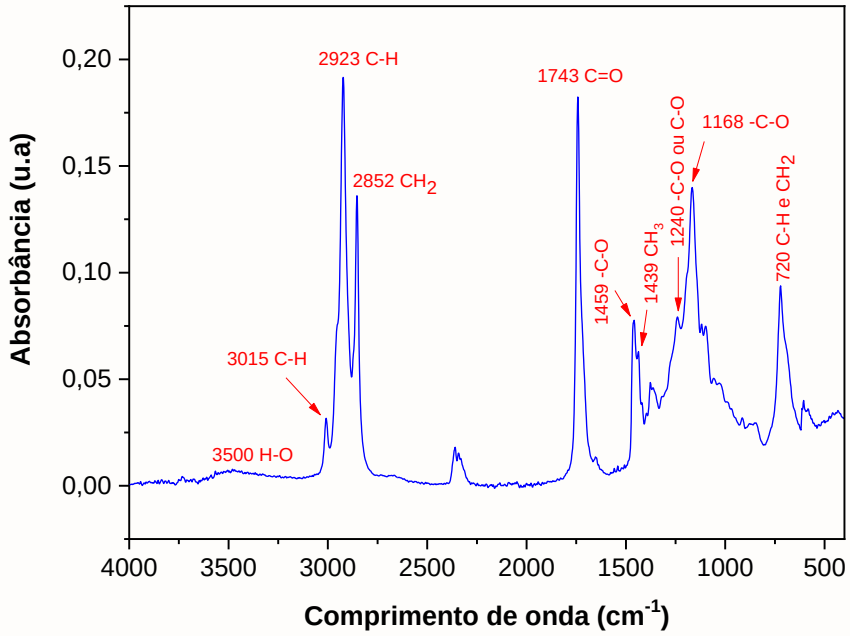


Figura 10 – Espectro de FTIR do biodiesel obtido na reação de esterificação catalisado pelo compósito magnético.

Na Fig. 11 pode-se observar a curva de cromatografia gasosa do produto obtido na esterificação metílica do óleo acidificado utilizando o compósito ferrítico Co-Ba como catalisador heterogêneo magnético. A curva de cromatografia gasosa mostrou boa seletividade de modo que foi possível separar, identificar e quantificar os picos de mono, di e triacilglicerídeos, e especialmente dos ésteres presente na amostra de biodiesel. O pico de éster

está presente no tempo de retenção entre 8 e 11 min, que resultou em uma conversão de 75% (Silva *et al.*, 2018). Segundo Dantas *et al.* (2018) a atividade catalítica de um catalisador heterogêneo recebe influência de sua área superficial e tamanho de partícula, onde o aumento na relação área/volume da superfície, induz a melhores atividades catalíticas quando comparados aos catalisadores com baixas áreas de superfície. Uma vez, que o compósito ferrítico foi obtido sob alta temperatura de síntese na reação de combustão, possivelmente pode ter favorecido o crescimento do tamanho de partícula, e consequentemente, reduzido sua área superficial útil, o que não é interessante na catálise. Estudos nas condições de síntese do catalisador ferrítico, bem como nas condições da reação de esterificação metílica do óleo acidificado, como temperatura, tempo e razão óleo:álcool podem ser melhor explorados em busca de uma melhor atividade catalítica.

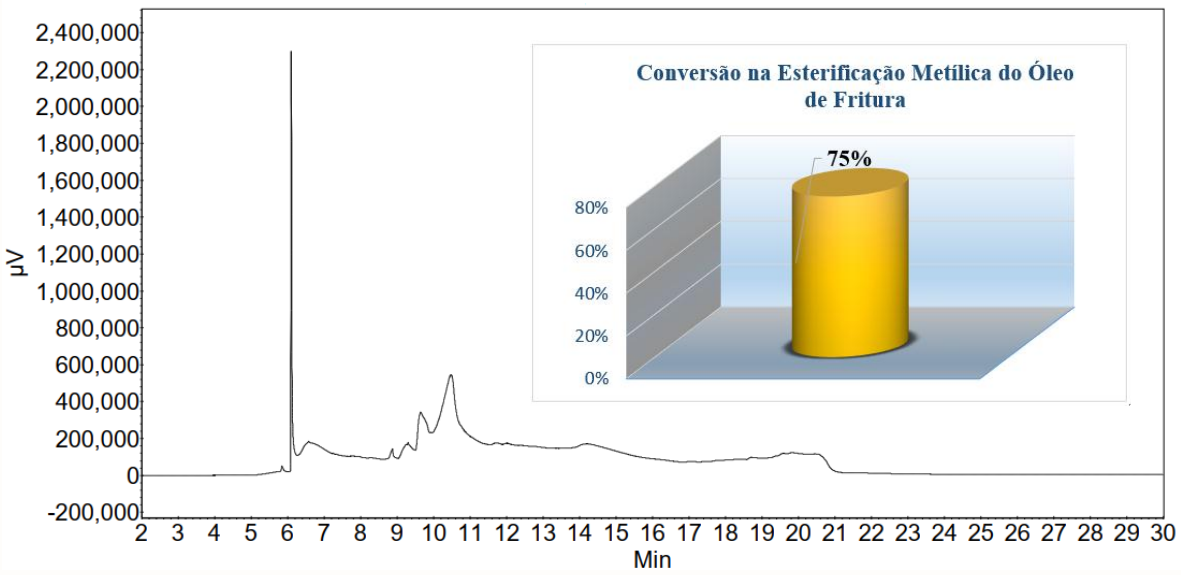


Figura 11 – Gráfico de cromatografia gasosa e conversão da esterificação metílica de óleo acidificado utilizando o compósito ferrítico Co-Ba como catalisador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O compósito ferrítico magnetita/hexaferrita Y Co-Ba foi sintetizado com sucesso por reação de combustão e testados como nanocatalisadores na produção de biodiesel por catálise heterogênea utilizando óleo acidificado por rota metílica. O DRX do compósito ferrítico apresentou a magnetita como fase majoritária, seguida das fases secundárias da hexaferrita Co-Ba do tipo Y e da fase espinélio $BaFe_2O_4$. O compósito apresentou característica nanométrica o que é interessante na catálise. A análise termogravimétrica mostrou uma perda de massa de

apenas 2,074%, indicando a boa estabilidade térmica do compósito ferrítico Co-Ba. A conversão em ésteres foi de 75% nas condições adotadas na esterificação, que foram razão molar óleo: metanol de 1:15, temperatura de 180°C com duração de 1 hora. De maneira geral, o resultado confirma que o compósito ferrítico foi cataliticamente ativo para a reação de esterificação metílica do óleo acidificado, no entanto, a busca pela otimização das condições reacionais pode aprimorar o grau de conversão a valores estimados pela norma da ANP.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. C.; URBINA, N. A.; ACEVEDO, A. Z.; BECERRA, L. C.; ARENAS, E. Analysis of the biodiesel production yield from waste frying oil. **Journal of Physics: Conference Series,** v. 1126, p. 012006, 2018.

AHMAD, M.; ALI, Q.; ALI, I.; AHMAD, I.; KHAN, M. A.; AKHTAR, M. N.; MURTAZA, G.; RANA, M. Effects of Sr-substitution on the structural and magnetic behavior of Ba-based Y-type hexagonal ferrites. **Journal of Alloys and Compounds,** v. 580, p. 23-28, 2013.

ASHOK, A.; KENNEDY, L. J.; VIJAYA, J. J. Structural, optical and magnetic properties of Zn1-xMnxFe2O4 ($0 \leq x \leq 0.5$) spinel nano particles for transesterification of used cooking oil. **Journal of Alloys and Compounds,** v. 780, p. 816-828, 2019.

ATABANI, A.; SHOBANA, S.; MOHAMMED, M.; UĞUZ, G.; KUMAR, G.; ARVINDNARAYAN, S.; ASLAM, M.; ALA'A, H. Integrated valorization of waste cooking oil and spent coffee grounds for biodiesel production: Blending with higher alcohols, FT–IR, TGA, DSC and NMR characterizations. **Fuel,** v. 244, p. 419-430, 2019.

CASIELLO, M.; CATUCCI, L.; FRACASSI, F.; FUSCO, C.; LAURENZA, A. G.; DI BITONTO, L.; PASTORE, C.; D'ACCOLTI, L.; NACCI, A. ZnO/Ionic Liquid Catalyzed Biodiesel Production from Renewable and Waste Lipids as Feedstocks. **Catalysts,** v. 9, n. 1, p. 71, 2019.

CHEN, D.; CHEN, Z.; WANG, G.; CHEN, Y.; LI, Y.; LIU, Y. Effect of Al on the microstructure, magnetic and millimeter-wave properties of high oriented barium hexaferrite thin films. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials,** v. 444, p. 7-11, 2017.

COSTA, A.; KIMINAMI, R. Dispositivo para produção de nanomateriais cerâmicos em larga escala por reação de combustão e processo contínuo de produção dos nanomateriais. **Revista de Propriedade Industrial–RPI, depositada em,** v. 25, n. 01, p. 002181-3, 2012.

COSTA, A.; PIMENTEL, P.; MELO, D.; MELO, M.; AQUINO, F. Síntese e caracterização de espinélios à base de ferritas com gelatina como agente direcionador. **Cerâmica,** v. 57, p. 352-355, 2011.

DANTAS, J. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E REUSO DO CATALISADOR NANOMAGNÉTICO Ni0,5Zn0,5Fe2O4 NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**. 2016. 191. (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG, Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa).

DANTAS, J.; LEAL, E.; CORNEJO, D.; KIMINAMI, R.; COSTA, A. Biodiesel production evaluating the use and reuse of magnetic nanocatalysts Ni0. 5Zn0. 5Fe2O4 synthesized in pilot-scale. **Arabian Journal of Chemistry**, 2018.

DINIZ, V.; DANTAS, B.; FIGUEIREDO, A.; CORNEJO, D.; COSTA, A. Avaliação microestrutural e magnética de Fe3O4 sintetizada pelo método de reação de combustão. **Cerâmica,** v. 61, n. 359, p. 298-302, 2015.

FATIMAH, I.; RUBIYANTO, D.; TAUSHIYAH, A.; NAJAH, F. B.; AZMI, U.; SIM, Y.-L. Use of ZrO2 supported on bamboo leaf ash as a heterogeneous catalyst in microwave-assisted biodiesel conversion. **Sustainable Chemistry and Pharmacy,** v. 12, p. 100129, 2019.

FRANCO JR, A.; PESSONI, H. V. S. Effect of Gd doping on the structural, optical band-gap, dielectric and magnetic properties of ZnO nanoparticles. **Physica B: Condensed Matter,** v. 506, p. 145-151, 2017.

GARGARI, M. H.; SADRAMELI, S. Investigating continuous biodiesel production from linseed oil in the presence of a Co-solvent and a heterogeneous based catalyst in a packed bed reactor. **Energy,** v. 148, p. 888-895, 2018.

GEBREMARIAM, S.; MARCHETTI, J. Economics of biodiesel production. **Energy Conversion and Management,** v. 168, p. 74-84, 2018.

HEBBAR, H. H.; MATH, M.; YATISH, K. Optimization and kinetic study of CaO nano-particles catalyzed biodiesel production from Bombax ceiba oil. **Energy,** v. 143, p. 25-34, 2018.

HERNÁNDEZ-MONTELONGO, R.; GARCÍA-SANDOVAL, J. P.; GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, A.; DOCHAIN, D.; AGUILAR-GARNICA, E. Biodiesel production in a continuous packed bed reactor with recycle: A modeling approach for an esterification system. **Renewable Energy,** v. 116, p. 857-865, 2018.

JAIN, S.; ADIGA, K.; VERNEKER, V. P. A new approach to thermochemical calculations of condensed fuel-oxidizer mixtures. **Combustion and flame,** v. 40, p. 71-79, 1981.

KASHID, P.; VELHAL, N.; KULKARNI, G.; KANDESAR, P.; RUIKAR, D.; PURI, V. Influence of Co++ ion concentration on magnetic and microwave properties of Ba (4− X) Co (2+ X) Fe36O60 (Ba-MY) hexaferrite. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics,** v. 29, n. 3, p. 1748-1758, 2018.

KOKALJ, A. Computer graphics and graphical user interfaces as tools in simulations of matter at the atomic scale. **Computational Materials Science,** v. 28, n. 2, p. 155-168, 2003.

KONWAR, L. J.; BORO, J.; DEKA, D. Activated Carbon Supported CaO from Waste Shells as a Catalyst for Biodiesel Production. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects,** v. 40, n. 6, p. 601-607, 2018.

LEAL, E.; DANTAS, J.; DOS SANTOS, P. T. A.; BICALHO, S. M. D. C. M.; KIMINAMI, R. H. G. A.; DA SILVA, M. R.; DE MELO COSTA, A. C. F. Effect of the surface treatment on the structural, morphological, magnetic and biological properties of MFe2O4 iron spinels (M= Cu, Ni, Co, Mn and Fe). **Applied Surface Science,** v. 455, p. 635-645, 2018.

LIU, Y.; ZHANG, P.; FAN, M.; JIANG, P. Biodiesel production from soybean oil catalyzed by magnetic nanoparticle MgFe2O4@ CaO. **Fuel,** v. 164, p. 314-321, 2016.

LOURES, C. C.; AMARAL, M. S.; DA RÓS, P. C.; ZORN, S. M.; DE CASTRO, H. F.; SILVA, M. B. Simultaneous esterification and transesterification of microbial oil from Chlorella minutissima by acid catalysis route: A comparison between homogeneous and heterogeneous catalysts. **Fuel,** v. 211, p. 261-268, 2018.

MEIER, M.; UNGERER, J.; KLINGE, M.; NIRSCHL, H. Synthesis of nanometric silica particles via a modified Stöber synthesis route. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects,** v. 538, p. 559-564, 2018.

ÖZCAN, H. Energy and exergy analyses of Al2O3-diesel-biodiesel blends in a diesel engine. **International Journal of Exergy,** v. 28, n. 1, p. 29-45, 2019.

PAN, Y.; ALAM, M. A.; WANG, Z.; WU, J.; ZHANG, Y.; YUAN, Z. Enhanced esterification of oleic acid and methanol by deep eutectic solvent assisted Amberlyst heterogeneous catalyst. **Bioresource technology,** v. 220, p. 543-548, 2016.

PATIL, B.; PAWAR, A.; BHOSALE, D.; GHODAKE, J.; THORAT, J.; SHINDE, T. Effect of La 3+ substitution on structural and magnetic parameters of Ni–Cu–Zn nano-ferrites. **Journal of Nanostructure in Chemistry**, p. 1-10, 2019.

PULLAR, R. C. Hexagonal ferrites: a review of the synthesis, properties and applications of hexaferrite ceramics. **Progress in Materials Science,** v. 57, n. 7, p. 1191-1334, 2012.

QUAH, R. V.; TAN, Y. H.; MUBARAK, N.; KHALID, M.; ABDULLAH, E.; NOLASCO-HIPOLITO, C. An overview of biodiesel production using recyclable biomass and non-biomass derived magnetic catalysts. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, p. 103219, 2019.

RAMÍREZ, J. M.; PESSONI, H.; FRANCO JR, A.; MACHADO, F. Synthesis of europium orthochromites (EuCrO3) nanoparticles by a combustion reaction method. **Journal of Alloys and Compounds,** v. 690, p. 315-320, 2017.

SAIED, A. M.; YACOB, A. R. The Use of Acid Modified Jourdiqua and Jabbalmarra Clays as Novel Catalysts in the Methanolysis of Castor Oil. **Advanced Science Letters,** v. 24, n. 5, p. 3555-3560, 2018.

SILVA, A. L.; DANTAS, J.; VASCONCELOS, E.; ALBUQUERQUE, I.; COSTA, A. C. Ferroespinélio como catalisador na esterificação de materiais graxos de baixa qualidade para produção de biodiesel. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos,** v. 12, n. 3, 2017.

SILVA, F. L.; MELO, L. N.; WOLF, C. R.; MENEGHETTI, S. M.; BORTOLUZZI, J. H. Determination of Alkyl Esters Content by Gas Chromatography: Validation of Method Based on Short Column and Response Factor. **Journal of the Brazilian Chemical Society,** v. 29, n. 6, p. 1336-1343, 2018.

TAN, Y. H.; ABDULLAH, M. O.; KANSEDO, J.; MUBARAK, N. M.; SAN CHAN, Y.; NOLASCO-HIPOLITO, C. Biodiesel production from used cooking oil using green solid catalyst derived from calcined fusion waste chicken and fish bones. **Renewable Energy,** v. 139, p. 696-706, 2019.

ULLAH, F.; DONG, L.; BANO, A.; PENG, Q.; HUANG, J. Current advances in catalysis toward sustainable biodiesel production. **Journal of the Energy Institute,** v. 89, n. 2, p. 282-292, 2016.

VARGHESE, R.; HENRY, J. P.; IRUDAYARAJ, J. Ultrasonication-assisted transesterification for biodiesel production by using heterogeneous ZnO nanocatalyst. **Environmental Progress & Sustainable Energy,** v. 37, n. 3, p. 1176-1182, 2018.

VITIELLO, R.; LI, C.; RUSSO, V.; TESSER, R.; TURCO, R.; DI SERIO, M. Catalysis for esterification reactions: a key step in the biodiesel production from waste oils. **Rendiconti Lincei,** v. 28, n. S1, p. 117-123, 2016.

WANG, H.-H.; LIU, L.-J.; GONG, S.-W. Esterification of oleic acid to biodiesel over a 12-phosphotungstic acid-based solid catalyst. **Journal of Fuel Chemistry and Technology,** v. 45, n. 3, p. 303-310, 2017.

ZIMMERMAN, W. B.; KOKOO, R. Esterification for biodiesel production with a phantom catalyst: Bubble mediated reactive distillation. **Applied Energy,** v. 221, p. 28-40, 2018.

ZULIANI, A.; IVARS, F.; LUQUE, R. Advances in Nanocatalyst Design for Biofuel Production. **ChemCatChem,** v. 10, n. 9, p. 1968-1981, 2018.

SÍNTESE ZINC IMIDAZOLATE FRAMEWORKS-8: INFLUÊNCIA DA ETAPA DE LAVAGEM NA ESTRUTURA

Diogo Pierre Alves Rodrigues [1]
Tellys Lins Almeida Barbosa [2]
Meiry Glaucia Freire Rodrigues [3]

RESUMO

A influência de parâmetros de síntese da *Zinc Imidazolate Frameworks-8* (ZIF-8) foi intensivamente investigada na literatura. Diversos estudos mostraram que condições de síntese podem influenciar a cristalização e que o tamanho de partícula pode ser obtido modificando o solvente, o sal de zinco ou a composição global da mistura de reação. Este é o primeiro trabalho que avaliou a influência da etapa de lavagem na estrutura metalorgânica ZIF-8. A ZIF-8 foi sintetizada por um método de precipitação rápida em soluções metanólicas à temperatura ambiente. Durante a etapa de purificação a ZIF-8 foi fracionada em três partes e submetida a três lavagens (ZIF-8 Lavada 3 x), duas lavagens (ZIF-8 Lavada 2 x) e lavagem única (ZIF-8 Lavada 1 x) com metanol, respectivamente. Os materiais foram caracterizados por difração de raios X pelo método do pó a temperatura ambiente. A partir dos difratogramas foi possível estimar o tamanho médio das partículas pela equação de Scherrer. A percentagem de cristalinidade relativa foi calculada com base nas áreas dos picos difratados de maior intensidade. Os parâmetros de rede e volume de cela unitária foram calculados e comparados com os dados padrões de cristal único. Foi possível concluir que a lavagem exerceu influência na estrutura da ZIF-8.

Palavras-chave: Metal-organic frameworks, ZIF-8, Tamanho de partícula, Cristalinidade, Parâmetros de rede.

INTRODUÇÃO

As estruturas metalorgânicas (*Metal-organic frameworks* – MOFs) são materiais de estrutura regular que possuem elevada área superficial específica e porosidade significativa (KITAGAWA, KITAURA e NORO, 2004).

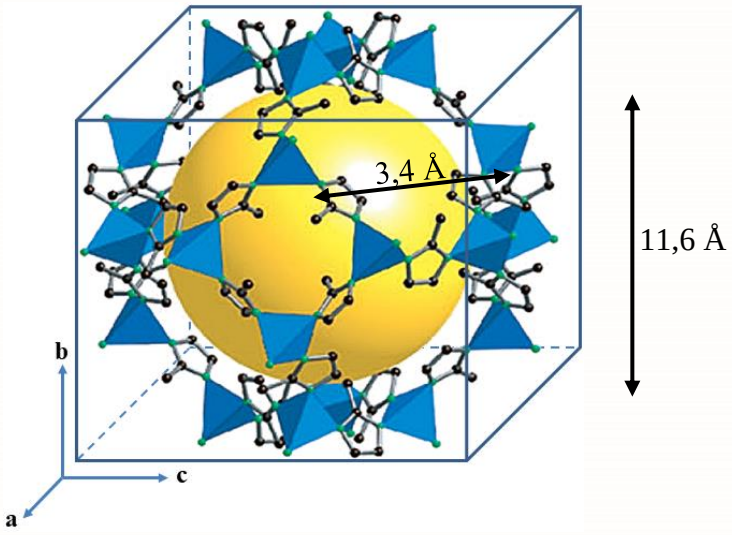
Zeolite imidazolate frameworks (ZIFs) é um subconjunto das estruturas metalorgânicas (MOFs) que atraíram a atenção devido às suas características, tais como, alta estabilidade térmica, estabilidade química e área superficial, em comparação com muitas outras MOFs (JIN e LI, 2018). ZIFs estendem estruturas tridimensionais com topologias

[1] Mestrando em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, diogopierrealvesrodrigues@gmail.com;
[2] Doutorado em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, tellyslins@hotmail.com;
[3] Professora do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, meiry.rodrigues@ufcg.edu.br;

tetraédricas, que são construídas por nós metálicos (Zn^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}) conectados por ligantes de imidazol e, ou seus derivados (imidazol, 2-metilimidazol, benzimidazol) (PARK et al., 2006).

A ZIF-8 (*Zinc Imidazolate Frameworks-8*) é composta de íons de zinco tetraedricamente coordenados conectados com ligante 2-metilimidazol (CRAVILLON et al., 2009). A estrutura molecular da ZIF-8 possui cavidades grandes de 11,6 Å, englobadas por uma janela de anel de seis membros formando pequenas aberturas de 3,4 Å. É classificada no grupo de espaço cúbico I-43 m com o íon Zn^{2+} conectado aos átomos de nitrogênio dos grupos 2-metilimidazol através de ligação de coordenação, resultando em uma estrutura tipo zeólita de topologia sodalita (SOD). A Fig. 1 mostra a estrutura tridimensional da ZIF-8 em células unitárias cúbicas no plano <111> (PARK et al., 2006).

FIGURA 1 – ESTRUTURA TRIDIMENSIONAL DA ZIF-8 EM CÉLULA UNITÁRIA CÚBICA NO PLANO <111>



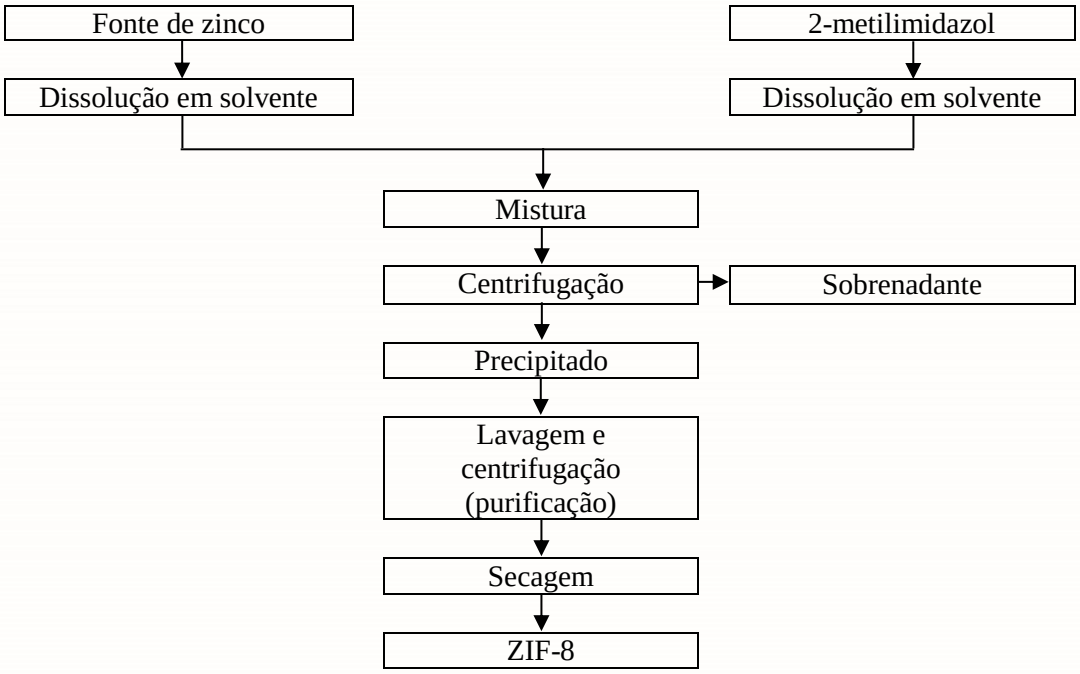
Fonte: Adaptada de Park et al. (2006).

Os dados de cristal único da ZIF-8 [forma sod-Zn(II)-2-metilimidazol] cúbica são: a_o = 16,991 (1) Å; V = 4905,2 (6) $Å^3$, R_1 = 0,0314 (PARK et al., 2006). Esses dados estão depositados no *Cambridge Structural Database* (CSD), conforme a referência de CSD de inscrição 602542.

As etapas típicas de síntese da ZIF-8 são: 1. Reação entre fonte de zinco e solvente (por exemplo, metanol, etanol, água, dimetilformamida, amônia, dimetilsulfóxido) sob temperatura e tempo específicos; 2. Reação entre ligante e solvente sob temperatura e tempo específicos; 3. Mistura das duas soluções obtidas nas etapas anteriores, sob determinada temperatura e tempo; 4. Centrifugação para obtenção dos nanocristais de acordo com

condições operatórias específicas; 5. Lavagem do precipitado com solvente, seguida de centrifugação; 6. Secagem (PARK et al., 2006; CRAVILLON et al., 2011; PAN et al., 2011; LEE et al., 2015; FENG, WU e CARREON, 2016; SHAHRAK, GHAHRAMANINEZHAD e EYDIFARASH, 2017). Uma representação esquemática está apresentada na Fig. 2.

FIGURA 2 – FLUXOGRAMA TÍPICO DA SÍNTESE DA ZIF-8



Vários estudos já comprovaram que o tipo de síntese e as condições (tipo de solvente, temperatura de reação, razão metal/ligante) têm impacto nas propriedades físico-químicas do ZIF-8, como tamanho de partícula, morfologia, pureza de fase e porosidade (LEE et al., 2015; SHIEH et al., 2013; CHEN et al., 2014; LAI et al., 2014; BUSTAMANTE, FERNÁNDEZ e ZAMARO, 2014; MALEKMOHAMMADI et al., 2019). Por exemplo, Bustamante, Fernández e Zamaro (2014) verificaram que a natureza do solvente teve um efeito crítico nas etapas de formação e evolução dos cristais e manipularia a taxa de cristalização, determinando o tamanho médio dos cristais finais.

Bustamante, Fernández e Zamaro (2014) aplicaram a metodologia de síntese de Cravillon et al. (2009). Entretanto houve uma diferença na etapa de lavagem e centrifugação, também denominada de purificação. Yang, Yang e Yan (2013) usaram o mesmo procedimento de síntese de Park et al. (2006), mas também a etapa de lavagem foi diferente. Pan et al. (2011) realizaram a etapa diversas vezes na metodologia de síntese da ZIF-8, e Yin et al. (2015) reproduziram essa mesma metodologia, mas a etapa aplicada foi executada três vezes. Zhou et al. (2019) seguiram a mesma metodologia de Venna, Jasinski e Carreon

(2010), mas também variaram o número de lavagens. Alguns autores como Wang, Fan e Jia (2014), Butova et al. (2017), Sheng et al. (2017) e Hobday et al. (2018) fornecem detalhes dessa etapa como, por exemplo, quantidade de solvente de lavagem utilizada. Portanto, as diferenças de metodologias da síntese da ZIF-8 também podem estar atreladas ao número de lavagens, que podem ser negligenciadas ou mal executadas, ou que são omitidas algumas informações por parte dos autores a respeito desta etapa.

O Quadro 1 apresenta o número de lavagens aplicado em algumas sínteses da ZIF-8 encontradas na literatura. Sem levar em consideração o tipo de solvente utilizado na etapa de lavagem e centrifugação, geralmente esse passo de síntese é executado com três repetições para eliminar espécies não reagidas. Foi descrito na literatura que a lavagem foi realizada por cinco vezes (CAI et al., 2017). Em outros trabalhos a etapa foi repetida duas vezes (CHIN et al., 2018) ou uma única vez (BUTOVA et al., 2017). Em outros estudos a quantidade de repetição não foi relatada (CRAVILLON et al., 2009). Em outro caso essa etapa não foi executada (MASSOUDINEJAD et al., 2018).

QUADRO 1 –REPETIÇÕES DA LAVAGEM DURANTE A SÍNTESE DA ZIF-8

Lavagem	**Autores**
Repetida cinco vezes	Cai et al. (2017)
Tripla	Cravillon et al. (2011); Zhu et al. (2011); Gross, Sherman e Vajo (2012); Li et al. (2016); Sheng et al. (2017); Hobday et al. (2018); Zhou et al. (2019)
Duplicada	Venna, Jasinski e Carreon (2010); Yang, Yang e Yan (2013); Bustamante, Fernández e Zamaro (2014); Demir et al. (2014); Feng, Wu e Carreon (2016); Şahin, Topuz e Kalipçilar (2018); Chin et al. (2018)
Única	Butova et al. (2017); Shahrak, Ghahramaninezhad e Eydifarash (2017)
Com número de repetições não relatado	Cravillon et al. (2009); Pan et al. (2011); Jayaramulu et al. (2015); Lee et al. (2015); Shams et al. (2016); Kaur et al. (2017); Li et al. (2017); Bai et al. (2018); Sann et al. (2018); Zhang, Zhao e Lin (2019)
Não executada	Massoudinejad et al. (2018)

Apesar de cada caso, o efeito da etapa de lavagem e centrifugação nas características estruturais da ZIF-8 ainda não foi considerado.

Diante desse contexto, o objetivo desse trabalho é avaliar a influência do processo de lavagem no tamanho da partícula, na cristalinidade e nos parâmetros de rede e volume da cela unitária da ZIF-8. Este é o primeiro trabalho que avaliou a influência da etapa de lavagem na estrutura metalorgânica.

METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Química, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG).

Todos os produtos químicos e solventes foram comprados de fornecedores comerciais e usados como recebidos (sem purificação adicional) e incluíram nitrato de zinco hexaidratado (Acros Organics, 98 %), 2-metilimidazol (Aldrich, 99 %), álcool metílico P. A. (Neon, 99,9 %). Água destilada foi feita no laboratório.

Síntese

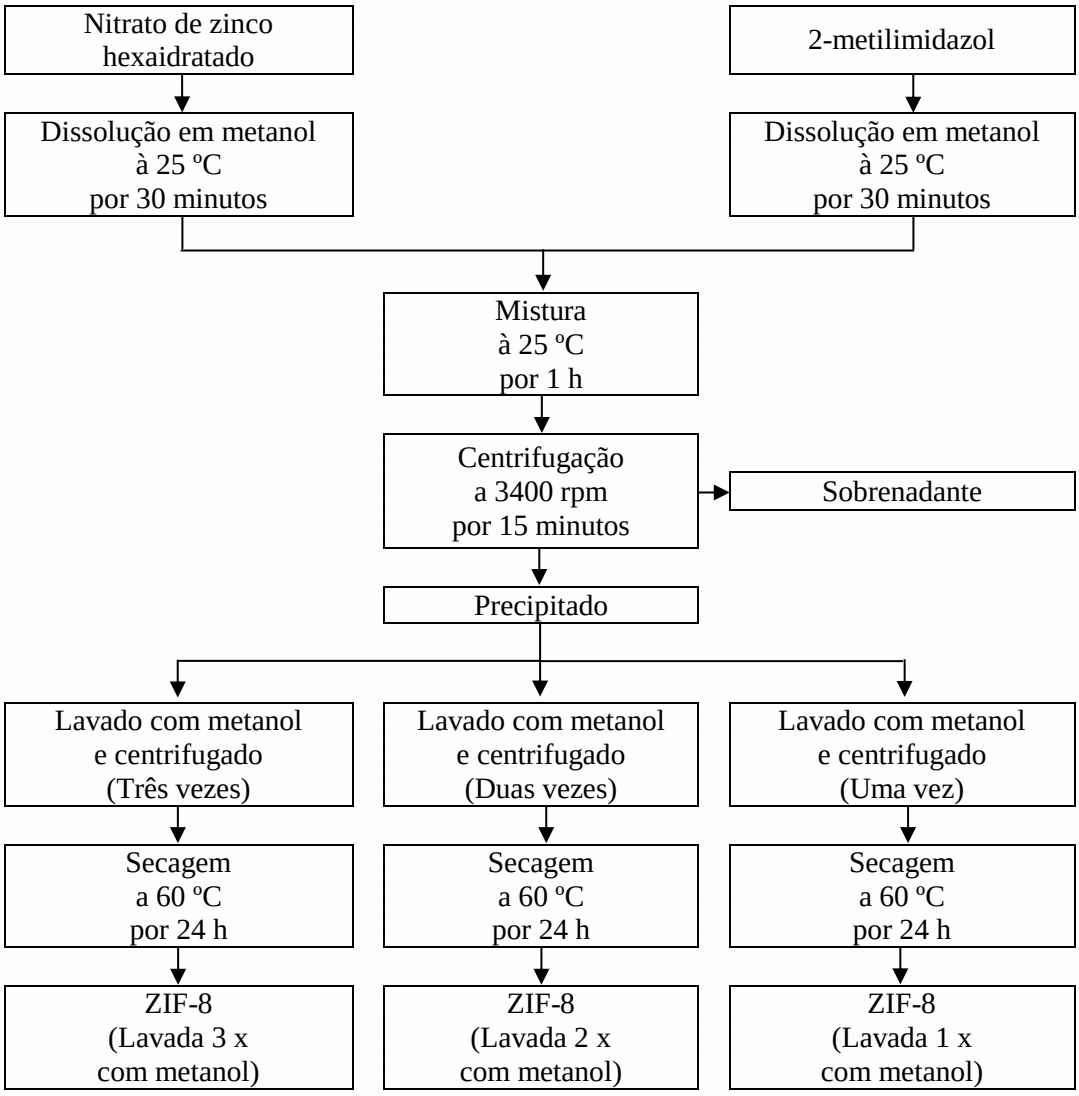
As estruturas metalorgânicas ZIF-8 foram sintetizadas por um método de precipitação rápida em soluções metanólicas à temperatura 25 °C de acordo com a metodologia relatada na literatura (CRAVILLON et al., 2011).

Foi preparada uma Solução (A) com nitrato de zinco hexaidratado (1,47 g) dissolvido em metanol (100 mL) sob agitação durante 30 minutos com uma barra magnética. Uma Solução (B) com 2-metilimidazol (3,25 g) em metanol (100 mL) foi preparada e permaneceu sob agitação durante 30 minutos com uma barra magnética. A solução límpida (B) foi vertida na solução límpida (A). Em seguida, agitou-se magneticamente à temperatura de 25 ºC durante 1 hora. A mistura rapidamente ficou turva, com aspecto de dispersão coloidal leitosa. Os nanocristais da ZIF-8 resultantes foram recolhidos por centrifugação (3400 rpm/15 minutos) utilizando uma centrífuga de velocidade fixa Cole-Parmer. O sobrenadante foi removido e armazenado.

Foram realizados três processos de purificação ou, simplesmente, lavagem: o precipitado foi fracionado em três partes onde cada uma foi cuidadosamente lavada com metanol (~ 1 mL) e centrifugada (3400 rpm/15 minutos) por três vezes, duas vezes e por uma

única vez, respectivamente. Todos os nanocristais denominados respectivamente, ZIF-8 (Lavada 3 x), ZIF-8 (Lavada 2 x) e ZIF-8 (Lavada 1 x), foram secos em uma estufa (Quimis) a 60 °C por 24 horas e apresentaram coloração branca. Um fluxograma esquemático simples do procedimento de síntese está mostrado na Fig. 3.

FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DA SÍNTESE DAS ZIF-8



Caracterização

Difração de raios X (DRX)

As amostras foram analisadas através do método do pó a temperatura ambiente 25 ºC empregando-se um difratômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação CuKα, tensão de 40 KV,

corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,020 (2θ) e tempo por passo de 1 s com velocidade de varredura de 2 º (2θ)/min, com ângulo 2θ percorrido de 3 º a 40 º.

Estimativa do tamanho das partículas: Equação de Scherrer

O método de DRX é descrito pela relação entre a radiação utilizada com comprimento de onda λ e o material composto de átomos com distribuição própria, cujos planos cristalinos com distância $d_{(hkl)}$ funcionam como rede de difração produzindo máximos de interferência de ordem n para os ângulos de Bragg θ que satisfaçam a Lei de Bragg (Equação 1) (HART, 1981):

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d_{(hkl)} \cdot \sin \theta \qquad \textbf{Equação 1}$$

Onde: n é a ordem de reflexão; λ é o comprimento de onda da radiação eletromagnética utilizada (Å); $d_{(hkl)}$ é a distância entre os planos de índice hkl (Å); θ é ângulo de Bragg do plano cristalino hkl (rad).

Partindo-se do princípio que a largura das linhas de DRX de uma substância é relacionada com a espessura das partículas na direção perpendicular ao plano difratante do material, podem-se empregar os alargamentos das linhas de DRX como um indicador da cristalinidade da amostra do material (BAIG et al., 1999).

A forma mais usual de se determinar diâmetro médio dos cristalitos (ou tamanho médio das partículas) de um material através do seu padrão de DRX é utilizando a equação de Scherrer, Equação 2 (BURTON et al., 2009).

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \qquad \textbf{Equação 2}$$

Onde: D é a dimensão do cristal perpendicular ao plano hkl de difração (Å); K é a constante de Scherrer de proporcionalidade. De modo geral: assume-se K = 0,9 quando não se conhece o formato da partícula (AMARANTE et al., 2016) e K = 0,89 para partículas esféricas (LAZARO et al., 2012); λ é comprimento de onda da radiação empregada em ångström (Å); β é a largura a meia altura do pico corrigido da linha de difração, dada em radianos, definida pela Equação 3 (SILVA et al., 2011); θ é o ângulo de Bragg do plano cristalino (rad).

$$\beta=\sqrt{B^2-b^2}$$ **Equação 3**

Onde: B é a largura a meia altura do pico difratado da amostra (rad); b é a largura a meia altura do pico de um padrão difratométrico externo ou de referência (rad).

Com o difratograma de DRX é possível realizar o cálculo do tamanho das partículas dos materiais, utilizando a equação de Scherrer (Equação 2), com o uso dos picos de maior intensidade.

A partir da análise de um difratograma comum da ZIF-8 ou ZIF-67, ambos isoestruturais (GROSS, SHERMAN e VAJO, 2012), conclui-se que a intensidade dos picos de valores de 2θ aproximadamente 7,35 °, 12,75 °, 18,07 °, atribuídos aos planos (011), (112), (222), respectivamente, são maiores que os outros picos, e isso indica uma orientação favorável nessas direções, com destaque na direção (011) de maior intensidade (LI et al., 2015). Portanto, estas posições 2θ são utilizadas para estimar os tamanhos das partículas ZIF-8 com a equação de Scherrer.

A equação de Scherrer, Equação 1, foi utilizada para determinar o tamanho das partículas ZIF-8 a partir dos difratogramas de DRX experimentais. Os seguintes passos foram seguidos:

1. A constante K de Scherrer de proporcionalidade foi assumida como K = 0,9 porque não se conhece o formato da partícula experimental.

2. Para a radiação CuKα o comprimento de onda λ da radiação empregada foi 1,54056 Å (VENKATESWARLU et al., 2014).

3. Foram utilizados os picos de maior intensidade em posições de 2θ atribuídos aos planos (011), (112), (222), para os cálculos de θ e β.

3.1 θ foi calculado pela razão 2θ/2 (rad).

3.2 β (rad) foi determinada com auxílio do software *Origin* versão 8.

3.3 A amostra ZIF-8 (Lavada 3 x) foi considerada como referência para o cálculo de β das amostras ZIF-8 (Lavada 2 x) e ZIF-8 (Lavada 1 x). Portanto, b da Equação 3 foi considerada nula somente para a amostra ZIF-8 (Lavada 3 x).

4. Por fim, foram realizados os cálculos do tamanho das partículas ZIF-8 experimentais com a Equação 1 para cada um dos planos (011, 112, 222) e obtiveram-se para cada ZIF-8: D_{011} (Å), D_{112} (Å), D_{222} (Å).

4.1 Realizou-se conversão de unidade Å para nm através do fator 0,1 e obtiveram-se: D_{011} (nm), D_{112} (nm), D_{222} (nm).

4.2 Por último foi calculada a média aritmética entre os três valores (D_{011}, D_{112}, D_{222}) e o cálculo do desvio padrão: $D_{médio}$ (nm) $\pm$ desvio padrão.

Cristalinidade relativa

O percentual de cristalinidade da ZIF-8 já foi estudado em vários trabalhos na literatura (DEMIR et al., 2014; ŞAHIN, TOPUZ e KALIPÇILAR, 2018; MALEKMOHAMMADI et al., 2019) e pode ser determinado através da soma das áreas dos picos escolhidos (alguns picos ou intervalo de picos) para o material em análise, dividido pela soma das áreas dos mesmos picos de uma amostra referida como padrão.

As cristalinidades relativas das amostras foram calculadas com base na área dos picos 011, 112, 222 em ângulos de Bragg entre 7 e 20 °. A soma das áreas dos picos (011, 112 e 222) da ZIF-8 produzida a partir da lavagem tripla com metanol (ZIF-8 Lavada 3 x) foi designada como referência com 100 % de cristalinidade e as cristalinidades relativas das outras amostras (ZIF-8 Lavada 2 x e ZIF-8 Lavada 1 x) foram determinadas em relação à amostra de referência (padrão). Utilizou-se a Equação 4 para os cálculos (SOUSA JÚNIOR et al., 2014):

$$\text{Cristalinidade relativa } (\%) = \frac{\Sigma \text{ Área dos picos 011, 112, 222 (amostra)}}{\Sigma \text{ Área dos picos 011, 112, 222 (padrão)}} \cdot 100 \qquad \textbf{Equação 4}$$

Determinação dos parâmetros de cela unitária e volume

Os parâmetros de rede a, b e c da cela unitária e o volume da cela unitária da fase cristalina presente na ZIF-8 podem ser estimados aplicando-se as Equações 5 e 6 sabendo-se que a cela unitária ZIF-8 é pertencente ao sistema cristalino cúbico (PARK et al., 2006).

$$\frac{1}{d_{(hkl)}^{\,2}} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \qquad \textbf{Equação 5}$$

$$V = a \cdot b \cdot c \qquad \textbf{Equação 6}$$

Onde: $d_{(hkl)}$ é a distância entre os planos de índice (hkl); (hkl) são os índices do plano cristalográfico ou índices de Miller; (a, b, c) são os parâmetros de rede da cela unitária (Å); V é o volume da cela unitária ($Å^3$).

Os parâmetros de rede (a, b, c) da cela unitária e o volume da cela unitária da fase cristalina presente nas amostras foram estimados aplicando-se as Equações 5 e 6 sabendo-se que a cela unitária ZIF-8 é pertencente ao sistema cristalino cúbico. Os seguintes passos foram seguidos:

1. Calculou-se a distância $d_{(hkl)}$ entre os planos de índice hkl = 002 com a Lei de Bragg (Equação 1) utilizando valor de posição 2θ experimental (referente ao plano 002) e o valor de $\lambda_{CuK\alpha}$.

2. Utilizou-se a Equação 5 para determinar o valor de c (Å) a partir de $d_{(hkl)}$ e os índices hkl = 002.

3. Os valores de a e b foram considerados iguais ao valor de c porque os valores dos parâmetros teóricos (a, b, c) também são iguais (sistema cristalino cúbico).

4. Calcularam-se a percentagem de erro (% Erro) entre os valores teóricos e estimados de a, b e c utilizando a Equação 7.

$$\%\ \text{Erro} = \frac{|\text{Valor}_{\text{Teórico}} - \text{Valor}_{\text{Estimado}}|}{\text{Valor}_{\text{Teórico}}} \qquad \textbf{Equação 7}$$

5. Utilizou-se a Equação 6 para determinar o valor de V ($Å^3$).

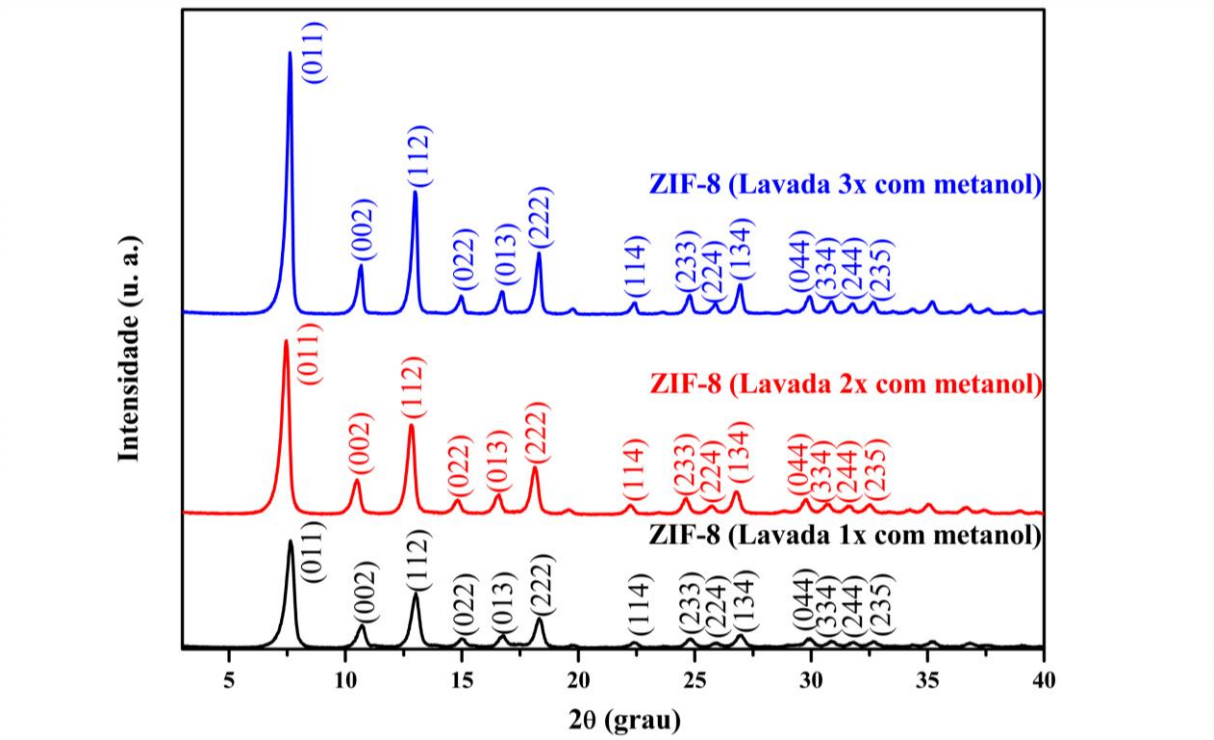
6. Calcularam-se a percentagem de erro (% Erro) entre os valores teóricos e estimados de V utilizando a Equação 7.

Os padrões de referência utilizados foram os dados de cristal único da ZIF-8 depositados no *Cambridge Structural Database* (CSD), *Cambridge Crystallographic Data Centre* (CCDS), Reino Unido (conforme a referência de CSD de inscrição 602542): a = b = c = 16,991 Å; V = 4905,2 $Å^3$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 4 mostra os difratogramas de raios X das ZIF-8 sintetizadas (ZIF-8 Lavada 3 x com metanol, ZIF-8 Lavada 2 x com metanol e ZIF-8 Lavada 1 x com metanol) com os picos característicos identificados pelos índices de Miller (hkl).

FIGURA 4 – PADRÕES DRX DAS ZIF-8 SINTETIZADAS



É possível verificar que os padrões de difração da estrutura metalorgânica ZIF-8 concordam com os padrões teóricos obtidos a partir dos dados de cristal único (PARK et al., 2006), o que evidencia que o material sintetizado é altamente cristalino. Os padrões de difração combinam bem com os da literatura para ZIF-8 (PARK et al., 2006; CRAVILLON et al., 2009; CRAVILLON et al., 2011; GROSS. SHERMAN e VAJO, 2012; JAYARAMULU et al., 2015; LEE et al., 2015; LI et al., 2016; SHENG et al., 2017; PAN et al., 2011; SHAMS et al., 2016; KAUR et al., 2017; LI et al., 2017; BAI et al., 2018; HOBDAY et al., 2018; SANN et al., 2018; ZHANG, ZHAO e LIN, 2019; ZHOU et al., 2019), indicando que a amostra tem fase ZIF-8 pura e confirmando que a estrutura foi bem sintetizada.

A Tabela 1 apresenta os índices de linhas de difração, as posições de picos (2θ) e as distâncias $d_{(hkl)}$ entre os planos de índice hkl dos padrões de DRX experimentais e dos padrões simulados por Park et al. (2006) a partir da estrutura cristalina única da ZIF-8.

TABELA 1 – POSIÇÕES 2θ (GRAU) DE DRX E $d_{(hkl)}$ TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS DAS ZIF-8

Índices hkl	2θ Simulados	$2\theta_{Experimentais}$ ZIF-8$_{Lavada\ com\ metanol}$			$d_{(hkl)}$ Simulados	$d_{(hkl)\ Experimentais}$ ZIF-8$_{Lavada\ com\ metanol}$		
		3 x	2 x	1 x		3 x	2 x	1 x
011	7,35	**7,46**	**7,62**	**7,64**	12,014	11,850	11,602	11,571
002	10,4	10,68	10,5	10,7	8,496	**8,283**	**8,425**	**8,268**
112	12,75	**12,98**	**12,82**	**13,02**	6,937	6,820	6,905	6,799
022	14,73	14,96	14,82	15,00	6,007	5,922	5,977	5,906
013	16,48	16,72	16,6	16,76	5,373	5,302	5,340	5,290
222	18,07	**18,3**	**18,12**	**18,32**	4,905	4,848	4,896	4,843
114	22,18	22,38	22,24	22,38	4,005	3,972	3,997	3,972
233	24,55	24,78	24,64	24,82	3,622	3,593	3,613	3,587
224*	25,69*	25,92	25,74	25,9	3,468*	3,437	3,461	3,440
134	26,73	26,94	26,78	27,00	3,332	3,309	3,329	3,302
044	29,72	29,94	29,76	29,96	3,004	2,984	3,002	2,982
334	30,65	30,84	30,66	30,86	2,914	2,899	2,916	2,897
244	31,57	31,78	31,56	31,84	2,832	2,816	2,835	2,810
235	32,46	32,64	32,54	32,66	2,756	2,743	2,752	2,742

* Segundo Gross, Sherman e Vajo (2012).

As posições de picos 2θ e as distâncias $d_{(hkl)}$ entre os planos de índice hkl simuladas e experimentais mostraram excelente concordância, reforçando ainda mais que a amostra sintetizada é ZIF-8. Os desvios surgidos são provavelmente devidos à coleta de dados da estrutura de cristal único em temperaturas criogênicas e coleta dos dados da ZIF-8 pó deste trabalho a temperatura ambiente 25 ºC.

De posse dos difratogramas, foi possível observar uma pequena redução nas intensidades dos picos e, portanto, na cristalinidade da amostra. Através deles foi possível o cálculo do tamanho das partículas. A Tabela 2 apresenta os tamanhos das partículas estimados a partir da aplicação direta da equação de Scherrer para reflexões hkl selecionadas e as percentagens de cristalinidade relativa (%) das amostras ZIF-8.

TABELA 2 – TAMANHO DA PARTÍCULA E CRISTALINIDADE RELATIVA DAS AMOSTRAS ZIF-8 SINTETIZADAS

ZIF-8	**hkl**	**Tamanho da partícula (nm)**	**Tamanho médio da partícula $D_{médio}$ (nm)**	**Cristalinidade relativa (%)**
Lavada 3 x com metanol	011	D_{011} = 31,50	31,01 ± 0,44	100,00 *
	112	D_{112} = 30,66		
	222	D_{222} = 30,85		
Lavada 2 x com metanol	011	D_{011} = 27,90	28,67 ± 0,68	52,77
	112	D_{112} = 28,97		
	222	D_{222} = 29,15		
Lavada 1 x com metanol	011	D_{011} = 25,06	25,68 ± 0,55	35,79
	112	D_{112} = 26,08		
	222	D_{222} = 25,90		

* amostra considerada como referência.

O tamanho da partícula é função das etapas e parâmetros da síntese. No caso deste trabalho, variando o número de lavagens da ZIF-8 para purificação foi possível obter material com diferentes tamanhos de partículas. Portanto, a lavagem é uma etapa de síntese importante que reflete na qualidade da ZIF-8 e, consequentemente, no desempenho da aplicação.

As cristalinidades relativas da ZIF-8 (Lavada 2 x) e ZIF-8 (Lavada 1 x) foram calculadas com referência à cristalinidade da ZIF-8 (Lavada 3 x), que é assumida como sendo 100 %. As cristalinidades das ZIF-8 (Lavada 2 x) e ZIF-8 (Lavada 1 x) caíram para 52,77 % e 35, 79 %, respectivamente. Estas informações podem ser confirmadas pelas análises de DRX (Fig. 4).

Com os dados da distância $d_{(hkl)}$ (Tabela 1) entre os planos de índice hkl = 002 calculados com a Lei de Bragg (Equação 1) foi possível determinar os parâmetros de rede e volume de cela unitária ZIF-8 utilizando as Equações 5 e 6, respectivamente. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE REDE E VOLUME DE CELA UNITÁRIA DA ZIF-8 TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS

ZIF-8		Parâmetros de cela unitária					
		a (Å)	**b (Å)**	**c (Å)**	**% Erro**	**Volume (Å^3)**	**% Erro**
$ZIF\text{-}8_{Padrão}$ (CCDC 602542)		16,991	16,991	16,991	-	4905,2	-
Experimental	$ZIF\text{-}8_{Lavada\ 3\ x}$	16,567	16,567	16,567	2,50	4546,9	7,30
	$ZIF\text{-}8_{Lavada\ 2\ x}$	16,850	16,850	16,850	0,83	4784,1	2,47
	$ZIF\text{-}8_{Lavada\ 1\ x}$	16,536	16,536	16,536	2,68	4521,5	7,82

É possível verificar que os parâmetros das estruturas metalorgânicas ZIF-8 concordam com os teóricos obtidos a partir dos dados de cristal único, conforme a inscrição CCDC 602542, correspondente a ZIF-8, na base de dados do *The Crystallographic Data Centre*. A amostra ZIF-8 (Lavada 2 x) apresentou semelhança ao padrão porque seus erros experimentais de aproximação aos dados teóricos foram 0,83 % para os parâmetros de rede e 2,47 % para o volume de cela unitária.

Em geral, cristais ZIF-8 de diferentes tamanhos podem ser sintetizados, seja sob temperatura ambiente ou por método solvotérmico, usando dimetilformamida ou metanol como solvente (LEE et al., 2015), ou por método hidrotérmico utilizando água (PAN et al., 2011; GROSS, SHERMAN E VAJO, 2012). No ramo da aplicação da ZIF-8 nos processos de adsorção, pode-se destacar alguns trabalhos que estudaram o efeito do tamanho do cristal ZIF-8 no desempenho da remoção de corantes. Li et al. (2016) avaliaram o efeito do tamanho do cristal ZIF-8 na capacidade de adsorção de corante e concluíram que cristais menores

proporcionaram capacidades de adsorção maiores. Tran et al. (2019) examinaram os efeitos do tamanho das partículas ZIF-8 na adsorção de corante. Fan et al. (2014) concluíram que ZIFs com área superficial alta ou tamanho de partícula grande possuem baixa adsorção do corante Rodamina B. Segundo Du et al. (2017) o desempenho da capacidade de remoção de corante utilizando ZIFs é influenciado pelo método de síntese porque reflete no parâmetro de tamanho de partícula da estrutura metalorgânica e, consequentemente, na área superficial externa. Percebe-se que a aplicação da ZIF-8 na adsorção de corantes é dependente do tamanho de partícula.

Neste trabalho foi destacada a importância da lavagem no tamanho das partículas ZIF-8, bem como na cristalinidade do material que são caraterísticas importantes na catálise e foi comprovado por DRX que resultou em materiais com propriedades diferenciadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estruturas metalorgânicas ZIF-8 lavadas com metanol foram sintetizadas com sucesso em nível de laboratório, confirmadas por DRX.

Este trabalho mostrou um estudo detalhado utilizando a técnica de DRX e apresentou uma visão geral da aplicação da equação de Scherrer para a aproximação dos tamanhos de partículas das ZIF-8.

Foi possível concluir que a etapa de lavagem é um fator importante na síntese da ZIF-8 e exerceu influência no tamanho de partícula, cristalinidade e nos dados teóricos do cristal ZIF-8.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, S. F.; RAMOS, A. L. D.; FREIRE, M. A.; MENDES, D. T. S. L. Síntese e caracterização de redes metalorgânicas, ZIF-8 e ZIF-67. **Scientia Plena**, v. 12, n. 5, p. 1-9, abr. 2016. DOI. 10.14808/sci.plena.2016.054201.

BAI, L.; JIANG, X.; WU, C.; GAO, X.; SU, Y.; DING, K.; ZHANG, Z. Nanoporous carbons prepared with ZIF-8 as a template and activation agent for supercapacitors. **Materials Letters**, v. 223, p. 150-153, July 2018. DOI. 10.1016/j.matlet.2018.03.197.

BAIG, A. A.; FOX, J. L.; YOUNG, R. A.; WANG, Z.; HSU, J.; HIGUCHI, W. I.; CHHETRRY, A.; ZHUANG, H.; OTSUKA, M. Relationships among carbonated apatite solubility, crystaliite size, and microstrain parameters. **Calcified Tissue International**, v. 64, n. 5, p. 437-449, May 1999.

BURTON, A. W.; ONG, K.; REA, T.; CHAN, I. Y. On the estimation of average crystallite size of zeolites from the Scherrer equation: A critical evaluation of its application to zeolites with one-dimensional pore systems. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 117, n. 1-2, p. 75-90, Jan. 2009. DOI. 10.1016/j.micromeso.2008.06.010.

BUSTAMANTE, E. L.; FERNÁNDEZ, J. L.; ZAMARO, J. M. Influence of the solvent in the synthesis of zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8) nanocrystals at room temperature. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 424: p. 37-43, June 2014. DOI. 10.1016/j.jcis.2014.03.014.

BUTOVA, V. V.; BUDNYK, A. P.; BULANOVA, E. A.; LAMBERTI, C.; SOLDATOV, A. V. Hydrothermal synthesis of high surface area ZIF-8 with minimal use of TEA. **Solid State Sciences**, v. 69, p. 13-21, July 2017. DOI. 10.1016/j.solidstatesciences.2017.05.002.

CAI, Y.; CHEN, D.; LI, N.; XU, Q.; LI, H.; HE, J.; LU, J. Nanofibrous metal-organic framework composite membrane for selective efficient oil/water emulsion separation. **Journal of Membrane Science**, v. 543, p. 10-17, Dec. 2017. DOI. 10.1016/j.memsci.2017.08.047.

CHEN, B.; BAI, F.; ZHU, Y.; XIA, Y. A cost-effective method for the synthesis of zeolitic imidazolate framework-8 materials from stoichiometric precursors via aqueous ammonia modulation at room temperature. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 193, p. 7-14, July 2014. DOI. 10.1016/j.micromeso.2014.03.006.

CHIN, M.; CISNEROS, C.; ARAIZA, S. M.; VARGAS, K. M.; ISHIHARA, K. M.; TIAN, F. Rhodamine B degradation by nanosized zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8). **RSC Advances**, v. 8, n. 47, p. 26987-26997, July 2018. DOI. 10.1039/c8ra03459a.

CRAVILLON, J.; MÜNZER, S.; LOHMEIER, S.; FELDHOFF, A.; HUBER, K.; WIEBCKE, M. Rapid room-temperature synthesis and characterization of nanocrystals of a prototypical zeolitic imidazolate framework. **Chemistry of Materials**, v. 21, n. 8, p. 1410-1412, Mar. 2009. DOI. 10.1021/cm900166h.

CRAVILLON, J.; NAYUK, R.; SPRINGER, S.; FELDHOFF, A.; HUBER, K.; WIEBCKE, M. Controlling zeolitic imidazolate framework nano-and microcrystal formation: insight into crystal growth by time-resolved in situ static light scattering. **Chemistry of Materials**, v. 23, n. 8, p. 2130-2141, Mar. 2011. DOI. 10.1021/cm103571y.

DEMIR, N. K.; TOPUZ, B.; YILMAZ, L.; KALIPCILAR, H. Synthesis of ZIF-8 from recycled mother liquors. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 198, p. 291-300, Nov. 2014. DOI. 10.1016/j.micromeso.2014.07.052.

DU, X.; WANG, C.; LIU, J.; ZHAO, X.; ZHONG, J.; LI, Y.; LI, J.; WANG, P. Extensive and selective adsorption of ZIF-67 towards organic dyes: Performance and mechanism. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 506, p. 437-441, Nov. 2017. DOI. 10.1016/j.jcis.2017.07.073.

FAN, X.; WANG, W.; LI, W.; ZHOU, J.; WANG, B.; ZHENG, J.; LI, X. Highly porous ZIF-8 nanocrystals prepared by a surfactant mediated method in aqueous solution with enhanced adsorption kinetics. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 6, n. 17, p. 14994-14999, Sept. 2014. DOI. 10.1021/am5028346.

FENG, X.; WU, T.; CARREON, M. A. Synthesis of ZIF-67 and ZIF-8 crystals using DMSO (Dimethyl Sulfoxide) as solvent and kinetic transformation studies. **Journal of Crystal Growth**, v. 455, p. 152-156, Dec. 2016. DOI. 10.1016/j.jcrysgro.2016.10.016.

GROSS, A. F.; SHERMAN, E.; VAJO, J. J. Aqueous room temperature synthesis of cobalt and zinc sodalite zeolitic imidizolate frameworks. **Dalton Transactions**, v. 41, n. 18, p. 5458-5460, Mar. 2012. DOI. 10.1039/C2DT30174A.

HART, M. Bragg angle measurement and mapping. **Journal of Crystal Growth**, v. 5, n. 2, p. 409-427, Nov. 1981. DOI. 10.1016/0022-0248(81)90046-4.

HOBDAY, C. L.; WOODALL, C. H.; LENNOX, M. J.; FROST, M.; KAMENEV, K.; DÜREN, T.; MORRISON, C. A.; MOGGACH, S. A. Understanding the adsorption process in ZIF-8 using high pressure crystallography and computational modelling. **Nature Communications**, v. 9, n. 1429, p. 1-9, Apr. 2018. DOI. 10.1038/s41467-018-03878-6.

JAYARAMULU, K.; DATTA, K. K. R.; RÇSLER, C.; PETR, M.; OTYEPKA, M; ZBORIL, R.; FISCHER, R. A. Biomimetic superhydrophobic/superoleophilic highly fluorinated graphene oxide and ZIF-8 composites for oil-water separation. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 55, n. 3, p. 1178-1182, Jan. 2016. DOI. 10.1002/anie.201507692.

JIN, H.; LI, Y. Flexibility of metal-organic frameworks for separations: utilization, suppression and regulation. **Current Opinion in Chemical Engineering**, v. 20, p. 107-113, June 2018. DOI. 10.1016/j.coche.2018.03.008.

KAUR, H.; MOHANTA, G. C.; GUPTA, V.; KUKKAR, D.; TYAGI, S. Synthesis and characterization of ZIF-8 nanoparticles for controlled release of 6-mercaptopurine drug. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 41, p. 106-112, Oct. 2017. DOI. 10.1016/j.jddst.2017.07.004.

KITAGAWA, S.; KITAURA, R.; NORO, S. Functional porous coordination polymers. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 43, n. 18, p. 2334-2375, Apr. 2004. DOI. 10.1002/anie.200300610.

LAI, L. S.; YEONG, Y. F.; ANI, N. C.; LAU, K. K.; SHARIFF, A. M. Effect of synthesis parameters on the formation of zeolitic imidazolate framework 8 (ZIF-8) nanoparticles for CO2 adsorption. **Particulate Science and Technology**, v. 32, n. 5, p. 520-528, Sept. 2014. DOI. 10.1080/02726351.2014.920445.

LAZARO, S. de; PENTEADO, R. F.; TEBCHERANI, S. M.; BERGER, D.; VARELA, J. A.; KUBASKI, E. T. Energia de superfície para nanossuperfícies de TiO_2 na direção (001). **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 920-923, jan. 2012. DOI. 10.1590/S0100-40422012000500011.

LEE, Y.; JANG, M.; CHO, H.; KWON, H.; KIM, S.; AHN, W. ZIF-8: A comparison of synthesis methods. **Chemical Engineering Journal**, v. 271, p. 276-280, July 2015. DOI. 10.1016/j.cej.2015.02.094.

LI, H.; JIANG, L.; DONG, W.; ZHANG, E.; JI, Z. Preparation and characterization of ZnO/ZIF-8 composite with selective photoelectrochemical responses. **Materials Letters**, v. 201, p. 165-168, Aug. 2017. DOI. 10.1016/j.matlet.2017.05.005.

LI, X.; GAO, X.; AI, L.; JIANG, J. Mechanistic insight into the interaction and adsorption of Cr (VI) with zeolitic imidazolate framework-67 microcrystals from aqueous solution. **Chemical Engineering Journal**, v. 274, p. 238-246, Aug. 2015. DOI. 10.1016/j.cej.2015.03.127.

LI, Y.; ZHOU, K.; HE, M.; YAO, J. Synthesis of ZIF-8 and ZIF-67 using mixed-base and their dye adsorption. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 234, p. 287-292, Nov. 2016. DOI. 10.1016/j.micromeso.2016.07.039.

MALEKMOHAMMADI, M.; FATEMI, S.; RAZAVIAN, M.; NOURALISHAHI, A. A comparative study on ZIF-8 synthesis in aqueous and methanolic solutions: Effect of temperature and ligand contente. **Solid State Sciences**, v. 91, p. 108-112, May 2019. DOI. 10.1016/j.solidstatesciences.2019.03.022.

MASSOUDINEJAD, M.; GHADERPOORI, M.; SHAHSAVANI, A.; JAFARI, A.; KAMAREHIE, B.; GHADERPOURY, A.; AMINI, M. M. Ethylenediamine-functionalized cubic ZIF-8 for arsenic adsorption from aqueous solution: Modeling, isotherms, kinetics and thermodynamics. **Journal of Molecular Liquids**, v. 255, p. 263-268, Feb. 2018. DOI. 10.1016/j.molliq.2018.01.163.

PAN, Y.; LIU, Y.; ZENG, G.; ZHAO, L.; LAI, Z. Rapid synthesis of zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8) nanocrystals in an aqueous system. **Chemical Communications**, v. 47, n. 7, p. 2071-2073, Jan. 2011. DOI. 10.1039/c0cc05002d.

PARK, K. S.; NI, Z.; CÔTÉ, A. P.; CHOI, J. Y.; HUANG, Rudan; URIBE-ROMO, F. J.; CHAE, H. K.; O'KEEFFE, M.; YAGHI, O. M. Exceptional chemical and thermal stability of zeolitic imidazolate frameworks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 27, p. 10186-10191, July 2006. DOI. 10.1073/pnas.0602439103.

PARK, K. S.; NI, Z.; CÔTÉ, A. P.; CHOI, J. Y.; HUANG, Rudan; URIBE-ROMO, F. J.; CHAE, H. K.; O'KEEFFE, M.; YAGHI, O. M. Exceptional chemical and thermal stability of zeolitic imidazolate frameworks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 27, p. 10186-10191, July 2006. DOI. 10.1073/pnas.0602439103.

ŞAHIN, F.; TOPUZ, B.; KALIPÇILAR, H. Synthesis of ZIF-7, ZIF-8, ZIF-67 and ZIF-L from recycled mother liquors. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 261, p. 259-267, May 2018. DOI. 10.1016/j.micromeso.2017.11.020.

SANN, E. E.; PAN, Y.; GAO, Z.; ZHAN, S.; XIA, F. Highly hydrophobic ZIF-8 particles and application for oil-water separation. **Separation and Purification Technology**, v. 206, p. 186-191, Nov. 2018. DOI. 10.1016/j.seppur.2018.04.027.

SHAHRAK, M. N.; GHAHRAMANINEZHAD, M.; EYDIFARASH, M. Zeolitic imidazolate framework-8 for efficient adsorption and removal of Cr (VI) ions from aqueous solution. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 10, p. 9624-9634, Apr. 2017. DOI. 10.1007/s11356-017-8577-5.

SHAMS, M.; DEHGHANI, M. H.; NABIZADEH, R.; MESDAGHINIA, A.; ALIMOHAMMADI, M.; NAJAFPOOR, A. A. Adsorption of phosphorus from aqueous solution by cubic zeolitic imidazolate framework-8: Modeling, mechanical agitation versus sonication. **Journal of Molecular Liquids**, v. 224, p. 151-157, Sept. 2016. DOI. 10.1016/j.molliq.2016.09.059.

SHENG, L.; YANG, F.; WANG, C.; YU, J.; ZHANG, L.; PAN, Y. Comparison of the hydrothermal stability of ZIF-8 nanocrystals and polycrystalline membranes derived from zinc salt variations. **Materials Letters**, v. 197, p. 184-187, June 2017. DOI. 10.1016/j.matlet.2017.03.077.

SHIEH, F.K.; WANG, S.; LEO, S.; WU, K. C. Water-based synthesis of zeolitic imidazolate framework-90 (ZIF-90) with a controllable particle size. **Chemistry-A European Journal**, v. 19, n. 34, p. 11139-11142, July 2013. DOI. 10.1002/chem.201301560.

SILVA, A. O. S. **Síntese e Caracterização de catalisadores de Ferro e Cobalto suportados nas zeólitas HZSM-12 e HZSM-5 para a conversão de gás de síntese em hidrocarbonetos.** 2004. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SILVA, T. P.; RAUBACH, C. W.; ULLMANN, M. A.; CARREÑO, N. L. V.; CAVA, S.; GONÇALVES, M. R. F.; NUNES, M. R. Desenvolvimento e caracterização de partículas nanorecobertas à base de nanoargilas de haloisita. **Cerâmica**, v. 57, n. 341, p. 115-121, 2011. DOI. 10.1590/S0366-69132011000100015.

SOUSA JÚNIOR, L. V.; SILVA, A. O. S.; SILVA, B. J. B.; ALENCAR, S. L. Synthesis of ZSM-22 in static and dynamic system using seeds. **Modern Research in Catalysis**, v. 3, n. 2, p. 1-8, mar. 2014. DOI. 10.4236/mrc.2014.32007.

TRAN, B. L.; CHIN, H.; CHANG, B. K.; CHIANG, A. S. T. Dye adsorption in ZIF-8: The importance of external surface area. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 277, p. 149-153, Mar. 2019. DOI. 10.1016/j.micromeso.2018.10.027.

VENKATESWARLU, K.; SANDHYARANI, M.; NELLAIPPAN, T. A.; RAMESHBABU, N. Estimation of crystallite size, lattice strain and dislocation density of nanocrystalline carbonate substituted hydroxyapatite by X-ray peak variance analysis. **Procedia Materials Science**, v. 5, p. 212-221, 2014. DOI. 10.1016/j.mspro.2014.07.260.

VENNA, S. R.; JASINSKI, J. B.; CARREON, M. A. Structural evolution of zeolitic imidazolate framework-8. **Journal of the American Chemical Society**, v. 132, n. 51, p. 18030-18033, Dec. 2010. DOI. 10.1021/ja109268m.

WANG, S.; FAN, Y.; JIA, X.Sodium dodecyl sulfate-assisted synthesis of hierarchically porous ZIF-8 particles for removing mercaptan from gasoline. **Chemical Engineering Journal**, v. 256, p. 14-22, Nov. 2014. DOI. 10.1016/j.cej.2014.06.095.

YANG, X.; YANG, C.; YAN, X. Zeolite imidazolate framework-8 as sorbent for on-line solid-phase extraction coupled with high-performance liquid chromatography for the determination of tetracyclines in water and milk samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1304, p. 28-33, Aug. 2013. DOI. 10.1016/j.chroma.2013.06.064.

YIN, H.; KIM, H.; CHOI, J.; YIP, A. C. K. Thermal stability of ZIF-8 under oxidative and inert environments: A practical perspective on using ZIF-8 as a catalyst support. **Chemical Engineering Journal**, v. 278, p. 293-300, Oct. 2015. DOI. 10.1016/j.cej.2014.08.075.

ZHANG, H.; ZHAO, M.; LIN, Y. S. Stability of ZIF-8 in water under ambient conditions. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 279, p. 201-210, May 2019. DOI. 10.1016/j.micromeso.2018.12.035.

ZHOU, L.; LI, N.; OWENS, G.; CHEN, Z. Simultaneous removal of mixed contaminants, copper and norfloxacin, from aqueous solution by ZIF-8. **Chemical Engineering Journal**, v. 362, p. 628-637, Apr. 2019. DOI. 10.1016/j.cej.2019.01.068.

ZHU, M.; VENNA, S. R.; JASINSKI, J. B.; CARREON, M. A. Room-temperature synthesis of ZIF-8: the coexistence of ZnO nanoneedles. **Chemistry of Materials**, v. 23, n. 16, p. 3590-3592, July 2011. DOI. 10.1021/cm201701f.

TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA SOBRE CATALISADORES HETEROGÊNEOS: INFLUÊNCIA DO SUPORTE

Thiago Rodrigo Barbosa Barros [1]
Thianne Silva Batista Barbosa [2]
Erivaldo Genuíno Lima [3]
Meiry Glaúcia Freire Rodrigues [4]

RESUMO

A busca por combustíveis sustentáveis tem aumentado substancialmente, o biodiesel que é produzido a partir de óleos vegetais ou gorduras animais através da reação de transesterificação com álcool, surge como alternativa promissora, por ser biodegradável, derivado de fontes renováveis, não contribuir para o aumento do nível de dióxido de carbono na atmosfera, livre de enxofre. Os catalisadores heterogêneos apresentam certas vantagens que vão da elevada capacidade de reciclagem, recuperação simples, fácil separação, menor consumo de energia, condições de funcionamento mais limpo. O presente trabalho teve como objetivo preparar catalisadores heterogêneos MoO_3/argila verde dura e MoO_3/SBA-15 a partir da impregnação e avaliá-los na reação de transesterificação do óleo de soja. As condições utilizadas foram as seguintes: reator com agitação de 600 rpm; temperatura de 200 ºC; tempo de reação de 4 horas. A deposição do molibdênio sobre os suportes SBA-15, argila esmectítica verde dura (VD) foi por via úmida. Os materiais obtidos foram calcinados e caracterizados por Difração de raios X (DRX), Espectrômetro de Raios X por Energia Dispersiva EDX e Adsorção Física de N_2. Após as reações, o biodiesel foi submetido à caracterização por determinação do ter de éster. Baseados nos resultados obtidos constatou-se que o processo de impregnação do óxido de molibdênio não alterou a estrutura da peneira molecular SBA-15 nem da argila verde dura. Os respectivos catalisadores apresentaram áreas superficiais específicas S_{BET} nos valores de 763 e 80 m^2g^{-1} e isotermas do tipo IV e tipo II, respectivamente. O catalisador MoO_3/SBA-15 apresentou conversão em torno de 96,57 %.

Palavras-chave: Argila verde dura, SBA-15, Óxido de molibdênio, Óleo de soja, Biodiesel.

INTRODUÇÃO

O uso contínuo de combustíveis fósseis vem exaurindo rapidamente os reservatórios de petróleo, elevando a crise energética e o aquecimento global, devido as emissões incontroláveis de gases de efeito estufa (CARDOSO et al., 2019). As fontes renováveis de energia, como os biocombustíveis, vêm tornando-se alternativas economicamente benéficas, ecológicas e com

[1]1 Doutorando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, thiagojdbarbosa@gmail.com;
[2]Doutorando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, thianne.siilva@gmail.com;
[3] Doutor, Pesquisador do INSA, erigenuino@hotmail.com;
[4] Professor orientador: Doutor em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, meirygfr@hotmail.com.

potencial para atender a demanda mundial de energia e reduzir os efeitos ambientais negativos dos combustíveis fósseis (FALOWO et al., 2019).

Atualmente o biodiesel vem recebendo atenção devido as suas vantagens tais como: baixas emissões de gases de efeito estufa, renovabilidade, baixa toxicidade, biodegradabilidade, miscibilidade com óleo diesel, lubricidade intrínseca, além de ser uma opção adequada capaz de substituir parcialmente o diesel produzido a partir de fonte fóssil (KNOTHE e RAZON, 2016). Este biocombustível é convencionalmente produzido por reações de transesterificação de catálise homogênea ou heterogênea de óleos vegetais (comestíveis e não comestíveis) com álcoois de cadeia curta, mais comumente metanol ou etanol, gerando uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos correspondentes, liberando glicerol como subproduto (ROCHA et al., 2019).

A catálise homogênea alcalina como por exemplo hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH) é amplamente utilizadas para produção de biodiesel, no entanto, esta transesterificação convencional apresenta alguns inconvenientes como longos períodos de processamento, promover a solubilidade parcial do glicerol produzido na fase éster imiscível, exigindo assim que essas fases sejam ainda purificadas, ou seja, requer grande quantidade de solventes para extração de óleo e grande quantidade de água para neutralizar os ésteres metílicos ou etílicos para eliminar o catalisador, emulsões e sabões do meio reacional, resultando em grandes quantidades de águas residuais, que por sua vez exigem que o tratamento seja adequadamente reutilizado ou descartado (MARDHIAH et al., 2016; MARTÍNEZ et al., 2019).

Ao contrário, a catálise heterogênea oferece muitas vantagens, como reciclabilidade, ecologia, separação fácil, menor contaminação dos produtos, facilidade de separação do catalisador do meio reacional, diminuição dos problemas de corrosão e reaproveitamento do catalisador. Além de provocar uma redução do impacto ambiental decorrente dos rejeitos líquidos oriundos da reação de transesterificação (BARROS, 2017; ROCHA et al., 2019; MARTÍNEZ et al., 2019).

Nos processos catalíticos existem vários fatores importantes, porém pode-se destacar dois fatores cruciais, que são a influência do método de preparação dos catalisadores e a combinação de metais no suporte. Dentre os diversos métodos de preparação de catalisadores heterogêneos, destaca-se a impregnação que é bastante utilizada, por ser simples e rápida. Esse método é dividido em dois modos: A impregnação incipiente cujo volume de solvente adicionado ao suporte é igual ao seu volume de poro, de modo que após adição da solução, o suporte parece estar apenas úmido. Enquanto na impregnação por via úmida, a quantidade de

solvente adicionado excede o volume de poro do suporte (MEIRELES et al., 2003; CIOLA, 1981).

Dentre a classe de silicatos mesoporosos tem a peneira molecular SBA-15 que é caracterizada pelos poros tubulares uniformes e arranjo de canais ordenados hexagonalmente e interligados por microporos tubulares, estabilidade térmica mais elevada em comparação com a família M41S, elevado grau de ordenação estrutural, com área superficial elevada de 500-1000 $m^2.g^{-1}$. Tais características possibilita a esse material ser usado como suporte catalítico em diversas reações, como exemplo a transesterificação (MEYNEN et al., 2009; ZHAO et al., 1998).

As argilas têm despertado interesse nas pesquisas de síntese de peneiras moleculares, por serem materiais que não agridem o meio ambiente, ter baixo custo, abundância e ser fonte de sílica (DU et al., 2011). Estes minerais podem apresentar em suas propriedades a acidez de Bronsted e Lewis dependendo da eletronegatividade dos cátions interlamelares trocáveis ligados a estrutura dos aluminosilicatos. Tipicamente, a maior forte acidez do catalisador é atribuída a maior densidade de cátions presentes dentro dos sítios eletronegativos do catalisador. Consequentemente, a troca de cátions ou tratamento ácido são utilizados para aumentar a quantidade e força de sítios de ácido de Bronsted e de Lewis presentes nas argilas (SHELDON e BEKKUM, 2001; VALKENBERG e HOLDERICH, 2002).

Os catalisadores de molibdênio mais convencionais estão associados a processos de redução e oxidação na maioria dos casos. Pesquisas mais recentes têm defendido que o alto estado de oxidação deste tipo de metal possibilita a sua atuação, dependendo das suas características físico-químicas, como precursor de sítios ácidos de Bronsted-Lowry ou como ácido de Lewis (BAIL, 2012; PINTO et al., 2019).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo preparar sistemas MoO_3/argila verde dura e MoO_3/SBA-15 a partir da impregnação e avalia-los na reação de transesterificação do óleo de soja.

METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Química, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG), Paraíba, Brasil.

Nosso grupo de pesquisa (Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais, UFCG, Brasil) tem publicado uma série de trabalhos (LIMA et al., 2013; RODRIGUES et al., 2015; BARBOSA et al., 2016; DE PAULA et al., 2016; LIMA et al., 2015; LIMA et al., 2015(a); SILVA et al., 2015; LIMA et al., 2016; SILVA et al., 2019; SILVA et al., 2019; LIMA et al., 2019) sobre a preparação de catalisadores para aplicação na reação de transesterificação do óleo de soja.

Síntese da peneira molecular SBA-15

Para a Síntese da peneira molecular SBA-15 foram utilizados os seguintes reagentes: Pluronic P123 (poli(óxido de etileno)-poli(óxido de propileno)-poli(óxido de etileno),PEO20PPO70PEO20)) como direcionador, ácido clorídrico 37%, água destilada, tetraetilortosilicato (TEOS) como fonte de sílica, baseado no método hidrotérmico proposto por (ZHAO et al 1998). Estes reagentes foram misturados em ordem para obter um hidrogel reativo com composição molar: 1,0 TEOS: 0,017 P123: 5,7 HCl: 193 H2O. A síntese foi realizada da seguinte forma: dissolveu-se o direcionador P123 em água destilada e HCl, com agitação e aquecimento até 35ºC. Atingida a temperatura, adicionou-se a fonte de sílica (TEOS). A mistura foi mantida sob agitação e aquecimento a 35 ºC por 24 horas (pH = 1) para obter um gel homogêneo. Depois deste período o gel de síntese foi transferido para autoclave e acondicionado em, previamente aquecida a 100 ºC. O material foi retirado da estufa e lavado com uma solução de lavagem de 2 % HCl/Etanol e seco a 60 °C por 24 horas. Após esse processo o material obtido foi calcinado, em uma mufla, da temperatura ambiente até 550 °C com uma taxa de aquecimento de 10 °C/min permanecendo nesta temperatura por 24 horas.

Preparação dos catalisadores

Para a preparação dos catalisadores foram utilizados uma argila proveniente do município de Boa Vista- PB, denominada argila verde dura (VD) e a peneira mesoporosa SBA-15 como suportes catalíticos. Os catalisadores Mo/VD e Mo/SBA-15 foram preparados pelo processo de impregnação via úmida do sal heptamolibdato de amônio (Merck) como fonte de molibdênio. As deposições do metal sobre os suportes foram realizadas com um percentual de 5% pelo método de impregnação. A solução manteve-se em agitação durante 30 minutos a temperatura ambiente, em seguida foi seca a 100ºC por 24 horas em estufa e calcinada a uma temperatura de 550ºC durante 4 horas (RODRIGUES et al., 2011).

Caracterização

Difração de raios X (DRX):

Os dados coletados das amostras utilizando o método do pó empregando-se um difratômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação CuKα, tensão de 40 KV, corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,020 2θ e tempo por passo de 1,000s, com velocidade de varredura de 2º(2θ)/min, com ângulo 2θ percorrido de 2º a 70º para a argila e 0,5º a 10º para a SBA-15.

Análise Química através do Espectrômetro de Raios X por Energia Dispersiva (FRX-ED):

A composição química das amostras foi analisada em um espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva EDX-700 Shimadzu.

Adsorção Física de N_2:

As características texturais das amostras analisadas foram investigadas mediante isotermas de adsorção/dessorção de N_2 a -196ºC, utilizando equipamento Micromeritics ASAP 2020.

Teor de éster:

A análise dos ésteres metílicos foi determinada por cromatografia gasosa, utilizando um cromatógrafo a gás Varian450c com detector de ionização de chama, fase estacionária da coluna capilar Varian Ultimetal "Select Biodiesel Glycerides + RG" (0,32 mm x 15m x 0,45 um).

Testes Catalíticos:

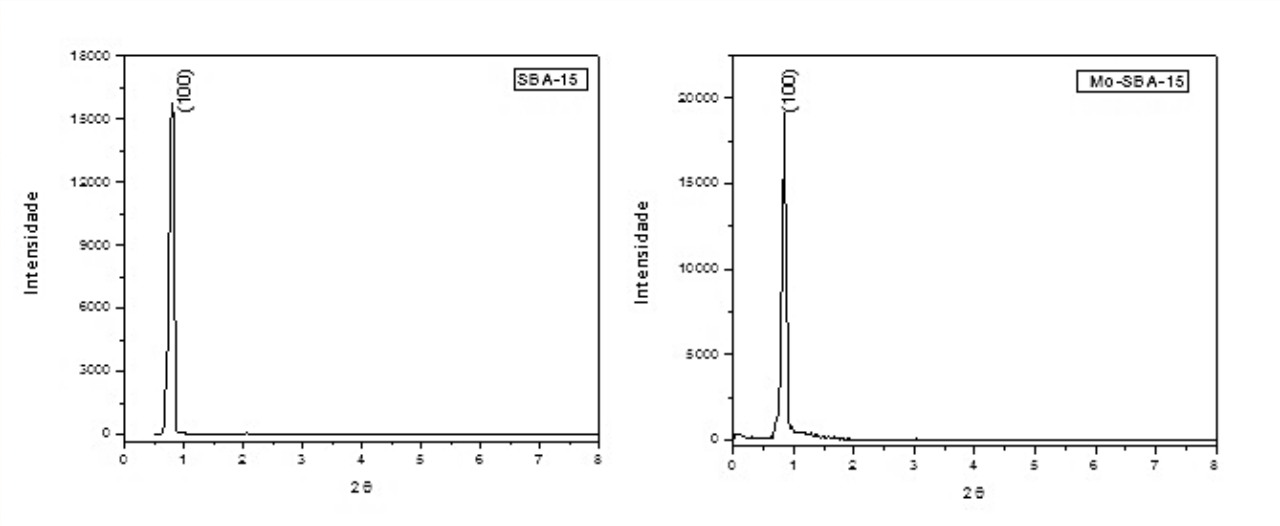
Os catalisadores preparados foram submetidos aos testes reacionais para verificar a eficiência dos mesmos na reação de transesterificação do óleo de soja, utilizando um reator de alta pressão com agitação de 600 rpm. As condições reacionais estudadas foram às mesmas utilizadas por Rodrigues et al., (2013), utilizando temperatura igual a 200 ºC com 4 horas de reação, com uma razão molar óleo/metanol de 1/12 e 5 % de catalisador referente à massa de óleo utilizada. Após a reação, a mistura foi lavada e o produto final submetido à cromatografia gasosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os difratogramas da peneira molecular SBA-15 e do catalisador Mo/SBA-15 estão apresentados na Fig.1. É possível verificar os picos característicos da estrutura hexagonal ordenada da peneira molecular mesoporosa SBA-15 de acordo com a literatura (CRUZ et al., 2011; MORALES et al., 2011).

Este fato evidencia que ao dissolver o direcionador Pluronic P123 em água e ácido clorídrico sob agitação e aquecimento brando (35 ºC) são formadas as interações copolímero/solvente. Com a adição da fonte de sílica formam-se interações sílica/solvente para em seguida originar as interações sílica/copolímero. O gel obtido quando submetido ao processo de envelhecimento por 24 h sob agitação, pode formar dependendo das condições da solução (temperatura, pH) uma fase siloxana pela condensação das espécies de sílica sobre as micelas direcionadoras do copolímero, e assim, o gel pode ser submetido a um tratamento hidrotérmico, para que aumente a espessura da parede de sílica, formando a peneira molecular SBA-15 (CRUZ et al., 2011; MORALES et al., 2011).

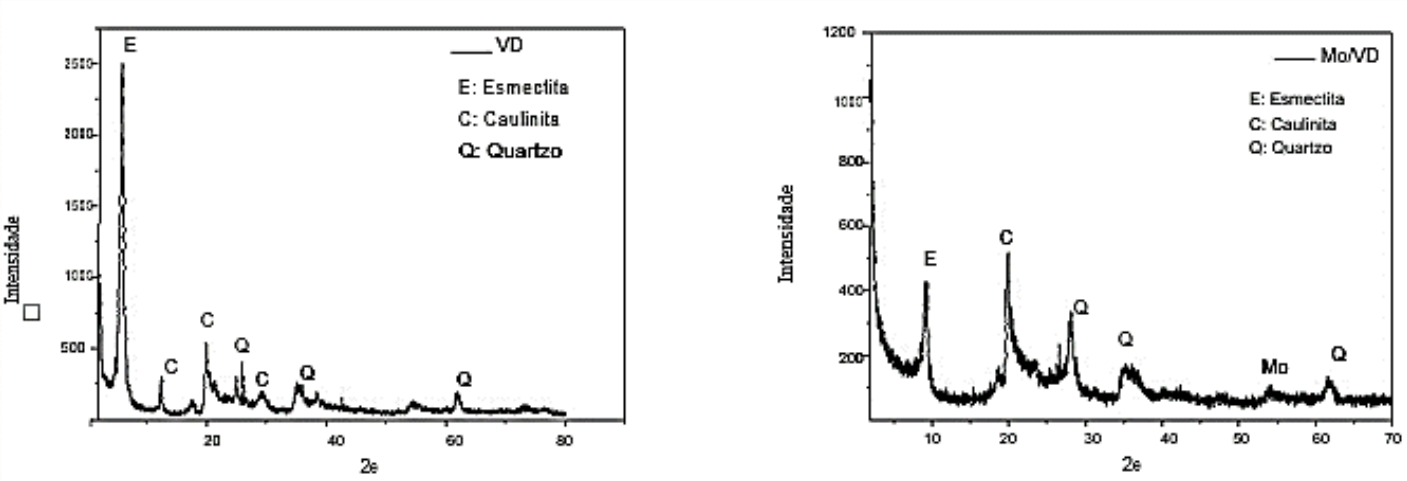
Figura 1. Difratogramas de raios X da peneira molecular SBA-15 e do catalisador (Mo/SBA-15).



Constata-se a partir dos difratogramas que o processo de impregnação do metal e calcinação não comprometeram a estrutura do material mesoporoso SBA-15, devido a visualização do pico principal de difração referente ao plano cristalino, cujos índices de miller são (100).

Os difratogramas da argila natural e do catalisador Mo-VD são apresentados na Fig.2. A partir da análise da Figura 2 verifica-se que a argila em estudo se refere a um mineral da classe das esmectíticas apresentando o pico em 5,79º referente ao material esmectítico, nos ângulos (12,52º; 19,98º e 24,76º) as fases predominantes do grupo da caulinita e em (35,58 e 61,84º) os picos que fazem referência ao quartzo.

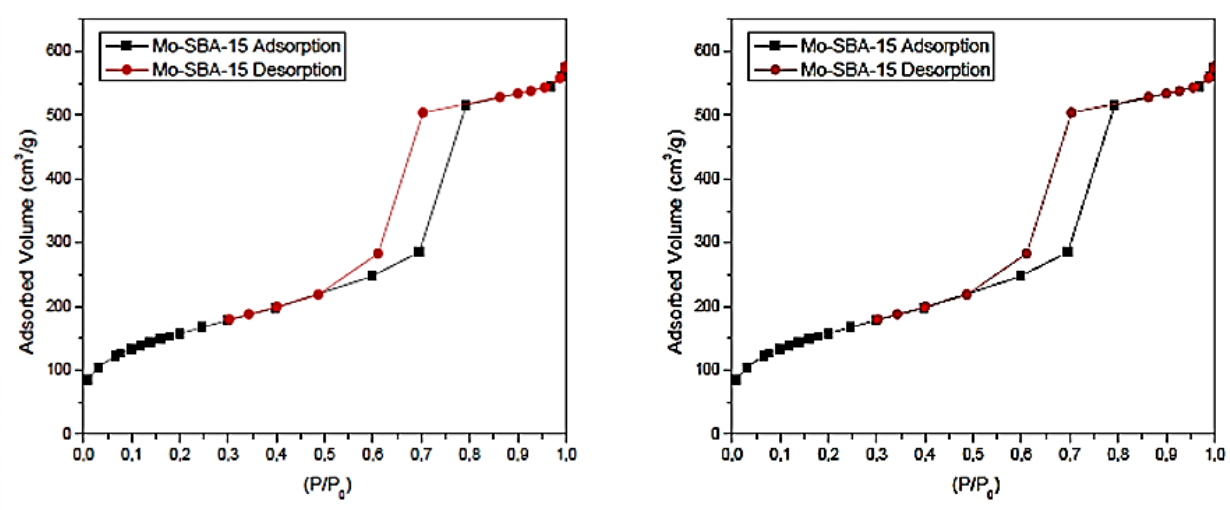
Figura 2. Difratogramas de raios X da argila natural (VD) e do catalisador (Mo-VD).



Após o tratamento térmico, para a inserção do molibdênio na estrutura do suporte, observa-se reduções significativas e deslocamento do pico referente a fase principal constituinte da esmectítita, esse ocorrido pode ser explicado pelo aquecimento (calcinação) do material para a deposição do metal na superfície da argila verde dura, sendo assim ocorre um empilhamento das lamelas constituintes pela retirada das moléculas de água reduzindo o espaçamento basal. No catalisador Mo-VD foram observados pela análise do difratograma os picos característicos da argila, e aparência em 54,21º relacionado ao pico do óxido de molibdênio.

Na Fig.3 estão apresentadas as isotermas de adsorção-dessorção de N_2 a -196 ºC referente ao suporte SBA-15 e do catalisador Mo/SBA-15.

Figura 3. Isotermas de adsorção e dessorção das amostras, da peneira molecular SBA-15 e do catalisador Mo/SBA-15.

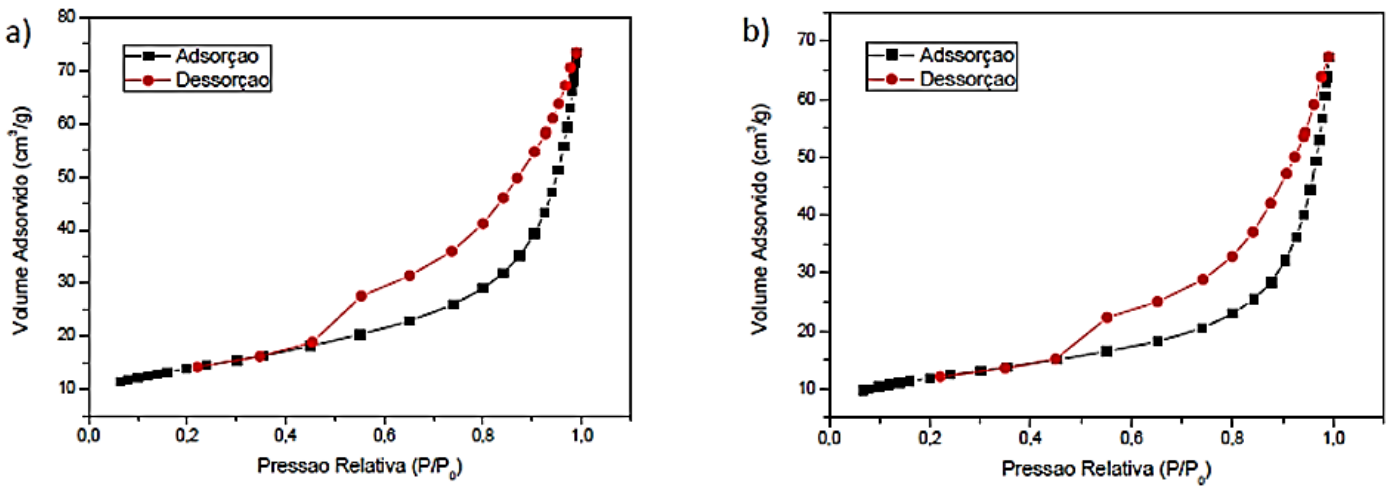


As isotermas para a peneira molecular SBA-15 calcinada foram do tipo IV e exibiram um loop de histerese H1 bem definido de acordo com a classificação IUPAC em relação aos

materiais mesoporosos (MORALES et al., 2011). As isotermas para o catalisador Mo/SBA-15 também mostra perfil semelhante, tipicamente do tipo IV. A curva de dessorção para este catalisador também mostrou um loop de histerese H1 para pressões parciais (P / P0) entre 0,6 e 0,8, que pode ser atribuído à condensação capilar e evaporação na estrutura mesoporosa interna dos tubos (JACOBSON et al., 2008; MORALES et al., 2011).

As isotermas de adsorção-dessorção de N_2 a -196 ºC referentes à argila verde dura (VD) e ao catalisador (Mo/VD) são apresentadas na Fig.4, respectivamente (a) e (b).

Figura 4. Isotermas de adsorção e dessorção das amostras, a) Argila verde dura (VD) e b) catalisador (Mo/VD).



De acordo com a IUPAC (1972) as isotermas apresentadas pela argila e pelo catalisador Mo/VD, podem ser classificadas como isoterma do tipo II e histerese tipo H3 característica de materiais macroporosos, onde a baixa pressão relativa ocorre a formação de monocamada de moléculas adsorvidas, ao passo que a alta pressão relativa ocorre a formação de multicamadas. A histerese do tipo H3 é normalmente encontrada em sólidos onde a macroporosidade é resultado de agregados ou aglomerados de partículas amontoados que formam poros em forma de fenda (LOFANTI et al., 1998).

Na Tab.1 estão apresentadas as propriedades texturais das amostras VD e SBA-15 e dos catalisadores Mo/VD e Mo/SBA-15.

Tabela 1. Propriedades texturais das amostras.

Amostras	Área superficial especifica (m^2g^{-1})
SBA-15	763
Argila dura verde (VD)	80
Mo/SBA-15	484
Mo/VD	42

A peneira molecular SBA-15 calcinada apresenta área superficial específica de 763 m^2g^{-1} típica desse material sintetizadas sob condições similares (ZHAO et al., 1998). Após o processo de impregnação e calcinação do catalisador verificou-se que a área especifica reduziu. Isso pode ter sido causado pelo bloqueio dos poros da peneira SBA-15 pela aglomeração do oxido de molibdênio (GHAMPSON et al., 2010; PRIETO et al., 2009).

A argila verde dura apresenta uma área especifica de 80 m^2g^{-1}, valor típico da argila esmectítica, que está de acordo com os resultados da Fig.4 (a) e (b), mostrando que a porosidade do material é devido a macroporos formados por aglomerados de partículas amontoadas aleatoriamente (RODRIGUES, 2003; SILVA et al., 2009; LIMA et al., 2012). A área especifica do catalisador Mo/VD apresentou uma redução em comparação com a argila esmectítica verde dura (VD), devido o preenchimento parcial dos poros do suporte com as espécies de óxidos de molibdênio.

Os valores referentes à composição química dos suportes argila (VD) e peneira molecular (SBA-15) e dos catalisadores Mo/VD e Mo/SBA-15 estão apresentados na Tab.2.

Tabela 2. Composição Química das amostras.

Amostras	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	Mo %	Impurezas %
SBA-15	99,3	-	-	-	-	0,70
Argila (VD)	52,7	30,26	11,39	0,38	-	5,27
Mo/SBA-15	91,4				4,90	3,70
Mo/VD	47,63	28,09	9,90	0,34	5,01	9,03

A partir dos resultados da Tab.2, percebe-se que a porcentagem de molibdênio é semelhante ao valor pré-estabelecido (5% em peso). Como também pode observa-se a composição química da argila natural que tem como composição principal, os óxidos de silício, alumínio e cálcio, que são características de minerais argilosos. Observa-se que o processo de

impregnação foi efetivo na argila, pois resultou em 5,01 % do metal (Molibdénio) no suporte, indicando a eficiência do processo de impregnação utilizado.

Após a caracterização dos catalisadores os mesmos foram submetidos aos testes catalíticos para verificar a eficiência dos mesmos na reação de transesterificação do óleo de soja. Os resultados do teor de éster metílico e das condições dos testes catalíticos estão apresentados na Tab.3.

Tabela 3. Teor de éster e condições reacionais dos catalisadores.

catalisador	Temperatura (°C)	tempo (h)	Conversão (%)
MoO_3/SBA-15	200	4	96,57
MoO_3/VD	200	4	85,68

O limite de teor de éster metílico presente no biodiesel é no mínimo de 96,50 % (KNOTHE, 2005). Os testes resultaram em valores de conversão de 96,57 % e 86,68 % para os catalisadores MoO_3/SBA-15 e MoO_3/VD, respectivamente. Portanto, o catalisador MoO_3/VD apresentou conversão próxima do estabelecido pela ANP, devido a melhora da atividade catalítica da argila pelo aumento dos seus sítios ativos provenientes do molibdênio no suporte (SILVA, 2011; KARTHIKEYAN et al., 2008). Os valores de conversão de éster para o catalisador MoO_3/SBA-15 foi satisfatório de acordo com os valores permitido pela ANP, proveniente da presença de fortes sítios ácidos de Bronsted e de Lewis presente na estrutura do molibdênio (SILVA, 2011). Portanto, o catalisador MoO_3/SBA-15 pode ser potencialmente útil para aplicação na reação de transesterificação para produção de biodiesel.

Ao comparar os valores de conversão dos catalisadores, identifica-se que o catalisador MoO3/SBA-15 foi mais ativo do que o catalisador MoO3/VD. Este fato pode ser explicado pelas diferentes propriedades estruturais dos suportes. Neste estudo, os suportes foram a argila verde dura esmectita que pertence a uma classe de argilominerais com unidade estrutural em lamelas tipo 2:1 enquanto a peneira molecular SBA-15 é uma classe de silicato mesoporoso, caracterizada pelos poros tubulares uniformes e arranjo de canais ordenados hexagonalmente.

Além das estruturas serem diferentes, há uma interação diferente entre o óxido de molibdênio e os suportes. Portanto, essas propriedades estruturais juntamente com a interação entre o óxido de molibdênio e os suportes contribuem para a atividade de transesterificação. Estudos realizados por (González et al., 2018) mostraram que o suporte pode modificar significativamente as propriedades catalíticas do molibdênio. Outros fatores tais como, tamanho de partícula, e estado de oxidação encontrado pelo metal suportado pode afetar e

interferir na atividade dos catalisadores. Estes fatores podem ser controlados pelas condições de preparação dos catalisadores e pela acidez do suporte. A acidez elevada favorece a formação de partículas menores de metal com a maior interação com o suporte, promovendo, assim, estabilidade na dispersão dos metais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura da argila verde dura foi preservada após a impregnação do óxido de molibdênio. A preservação da estrutura do poro da peneira molecular SBA-15 durante a síntese, impregnação do óxido de molibidênio foi conseguida, a partir do controle cuidadoso do pH.

Os resultados obtidos para conversão para o catalisador MoO_3/SBA-15, corresponde a um valor de 96,57 %, enquanto o catalisador MoO_3/VD apresentou uma conversão 86,68 %. O catalisador MoO_3/SBA-15 é mais ativo na reação de transesterificação do óleo de soja com metanol do que o catalisador MoO_3/VD.

A peneira molecular SBA-15 apresenta interessantes propriedades texturais que a tornam atrativo como suportes catalisadores de transesterificação, em escala laboratorial. Assim, o desafio é tornar a síntese de catalisadores de transesterificação baseados em SBA-15 mais economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: http://www.anp.gov.br. Acesso em março de 2015.

BAIL, A. **Utilização de sólidos contendo molibdênio na catálise heterogênea para a obtenção de ésteres metílicos e etílicos a partir da esterificação de ácidos graxos e transesterificação de óleos vegetais.** 2012. 128 p. Tese (doutorado em Química). UFPR, Curitiba – PR.

BARBOSA, T. L A; LIMA, E. G; RODRIGUES, M. G. F. **Preparação dos catalisadores (zeólita NaA e MoNaA) aplicados na reação de transesterificação do óleo de soja**. In anais do 25° Congresso Iberoamericano de Catalysis, Montevideo- Uruguay, 2016.

BARROS, T. R. B. **Produção de biodiesel a partir da transesterificação do óleo de soja utilizando o catalisador MoO_3/CeO_2/MCM-41.** 2018. 90f. Dissertação (Engenharia Química) - Universidade Federal Campina Grande - Campina Grande - PB.

CARDOSO, C. M. M; ZAVARIZE, D. G; VIEIRA, G. E. G. **Transesterification of Pequi (Caryocar brasiliensis Camb.) bio-oil via heterogeneous acid catalysis: Catalyst preparation, process optimization and kinetics**. Industrial Crops and Products, v. 139, p. 111485, 2019.

CIOLA, R. **Fundamentos da Catálise**. Ed. Moderna, Ed. da Universidade, de São Paulo, SP, 1981.

CRUZ, A. E. B; BANDA, J. A. M; MENDOZA, H; GALVANA, C. E. R; MELO, M. A. M; ESQUIVEL, D**. Pt and Ni supported catalysts on SBA-15 and SBA-16 for the synthesis of biodiesel**. Catalysis Today, v. 166, p. 111-115, 2011.

DU, E.; YU, S.; ZUO, L.; ZHANG, J.; HUANG, X.; WANG, Y. **Pb(II) sorption on molecular sieve analogues of MCM-41 synthesized from kaolinite and montmorillonite**. Applied Clay Science, v. 51, p. 94–101, 2011.

FALOWO, O. A; OLOKO-OBA, M. I; BETIKU, E. **Biodiesel production intensification via microwave irradiation-assisted transesterification of oil blend using nanoparticles from elephant-ear tree pod husk as a base heterogeneous catalyst.** Chemical Engineering & Processing: Process Intensification, v.140, p.157-170, 2019.

GHAMPSON, I. T; NEWMAN, C; KONK, L; PIER, E; HURLEY, K. D; POLLOCK, R. A; WALSH, B. R; GOUNDIE, B; WRIGHT, J; WHEELER, M. C; MEULENBERG, R. W; DESISTO, W. J; FREDERICK, B. G; AUSTIN, R. N. **Effects of pore diameter on particle size, phase, and turnover frequency in mesoporous silica supported cobalt Fischer–Tropsch catalysts**. Applied Catalysis A: General, v. 388, p. 57-67, 2010.

GONZÁLEZA, J; WANGA, J An; CHENA, L; MANRÍQUEZA, M; SALMONESA, J; LIMASA, R; ARELLANO, U. **Quantitative determination of oxygen defects, surface lewis**

acidity, and catalytic properties of mesoporous MoO3/SBA-15 catalysts, Journal of Solid State Chemistry, v. 263, p. 100–114, 2018.

GUSTAVO, M. DE P. **Transesterificação de óleo de soja sobre catalisadores (Ni, Co, Mo/SBA-15).** In anais do 25° Congresso Iberoamericano de Catálisis, Montevideo- Uruguay, 2016.

IUPAC – **International Union of Pure and Applied Chemistry**. Manual of Symbols and Terminology for Physico-Chemical Quantities and Units; Butterworth: Londres, 1972.

JACOBSON, K; GOPINATH, R; MEHER, L. C; DALAI, A. K. **Solid acid catalyzed biodiesel production from waste cooking oil.** Applied Catalysis B: Environmental. v. 85, p. 86-91, 2008.

KNOTHE, G. **Dependence of Biodiesel Fuel Properties on the Structure of Fatty Acid Alkyl Esters.** Fuel Processing Technology, v.86, p.1059-1070, 2005.

KNOTHE, G; RAZON, L. F. **Biodiesel fuels.** Progress in Energy and Combustion Science, v. 58, p.36-59, 2017.

LEOFANTI, G; PADOVAN, M; TOZZOLA, G; VENTURELLI, B. **Surface Area and Pore Texture of Catalysts.** Catalysis Today, v.41, p.207-219, 1998.

LIMA, E. G; BARBOSA, T. L. A; VASCONCELOS, P. N. M; RODRIGUES, M. G. F. **Comparation of catalysts (VD and MoO3/VD) in the transesterification of soybean oil for biodiesel production**, The Journal of Engineering and Exact Science – JCEC, v. 5, N. 3, 2019 (on line).

LIMA, E. G; DE PAULA, G. M; SILVA, F. M. N; BARBOSA, A. S; RODRIGUES, M. G. F. **Síntese e caracterização do catalisador (Mo/VD) preparado a base de argila esmectítica verde dura para a produção de éster metílico.** In anais do 25° Congresso Iberoamericano de Catalysis, Montevideo-Uruguay, 2016.

LIMA, E. G; EDUARDO, R. S; BARBOSA, A. S; RODRIGUES, M. G. F. **Preparation and Characterization of Mo Catalysts supported on clay for the transesterification of soybean oil.** In Anais do 12° European Congress on Catalysis, Kazan- Rússia, 2015.

LIMA, E. G; RODRIGUES, J. J; DE PAULA, G. M; BARBOSA, A. S; RODRIGUES, M. G. F. **Síntese e Caracterização de catalisadores do tipo (Mo/VD e Mo/SBA-15) destinados a aplicação na reação de transesterificação do óleo de soja.** In anais do 19° Congresso Argentino de Catálise, Bahía Blanca, Argentina, 2015(a).

LIMA, E. G; RODRIGUES, J. J; MARINHO, J. C; BARBOSA, A. S; RODRIGUES, M. G. F. **Síntese e caracterização de catalisadores do tipo (co/sba-15 e co/vd) aplicados na reação de transesterificação do óleo de soja**. In anais do 8° Congresso Internacional de Bioenergia, São Paulo -SP, 2013.

LIMA, W. S; BRITO, A. L. F; RODRIGUES, M. G. F. **Adsorção de zinco a partir de soluções aquosas usando argila Brasgel.** Scientia plena, v.8, 2012.

MARDHIAH, H. H; ONG CHYUAN, H; MASJUKI, H. H; LIM STEVEN; LEE, H. V. **A review on latest developments and future prospects of heterogeneous catalyst in biodiesel production from non-edible oils.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.67, p.1225-1236, 2017.

MARTÍNEZ, A; MIJANGOS, G. E; ROMERO-IBARRA, I. C; HERNÁNDEZ-ALTAMIRANO, R; MENA-CERVANTES, V. Y. **In-situ transesterification of Jatropha curcas L. seeds using homogeneous and heterogeneous basic catalysts.** Fuel, v.235, p.277-287, 2019.

MEIRELES, T. P.; RODRIGUEZ, C. E.; JIMENEZ, L. A. J. Mol. Catal. v.193, p. 185-196, 2003.

MEYNEN, V; COOL, P; VANSANT, E. F. **Verified Syntheses of Mesoporous Materials**. Microporous and Mesoporous Materials, v.125, p.170-223, 2009.

MORALES, I. J; GONZALEZ, J. S; TORRES, P. M; LOPEZ, A. J. **Aluminum doped SBA-15 silica as acid catalyst for the methanolysis of sunflower oil**. Applied Catalysis B: Environmental, v.105, p.199- 205, 2011.

PINTO, B. F; GARCIA, M. A. S; COSTA, J. C. S; MOURA, C. V. R; ABREU, W. C; MOURA, E. M. **Effect of calcination temperature on the application of molybdenum trioxideacid catalyst: Screening of substrates for biodiesel production**. Fuel, v.239, p.290-296, 2019.

PRIETO, G; MARTÌNEZ, A; MURCIANO, R; ARRIBAS, M. A. **Cobalt supported on morphologically tailored SBA-15 mesostructures: The impact of pore length on metal dispersion and catalytic activity in the Fischer–Tropsch synthesis**. Applied Catalysis A: General, v. 367, p. 146-156, 2009.

ROCHA, P. D; OLIVEIRA, L. S; FRANCA, A. S. **Sulfonated activated carbon from corn cobs as heterogeneous catalysts for biodiesel production using microwave-assisted transesterification.** Renewable Energy, v.143, p.1710-1716, 2019.

RODRIGUES, J. J ; LIMA, L. A ; LIMA, W. S ; RODRIGUES, M. G. F ; FERNANDES, F. A. N. **Fischer-tropsch synthesis in slurry-phase reactors using Co/sba-15 catalysts.** Brazilian Journal of Petroleum and Gas, v. 5, p.149-157, 2011.

RODRIGUES, J. J; LIMA, E. G; MARINHO, J. C; RODRIGUES, M. G. F. in anais do 17º Congresso Brasileiro de Catálise, Gramado – RS, 2013.

RODRIGUES, J. J; MARINHO, J. C; EDUARDO, R. S; LIMA, E. G; RODRIGUES, M. G. F. **Study of the application of mo/sba-15 and ni/sba-15 catalysts, prepared by microwave heating, in the synthesis of biodiesel.** Brasilian Journal of Petroleum and Gas, v.9, p.11-18, 2015.

RODRIGUES, M. G. F. **Physical and catalytic characterization of smectites from Boa-Vista, Paraíba, Brazil.** Cerâmica, v.49, p.146-150, 2003.

SHELDON, R. A; VAN BEKKUM, H. **Fine Chemicals Through Heterogeneous Catalysis**, p.636, 2001.

SILVA, A. S. **Avaliação de catalisadores de NiO e MoO3, suportados em MCM-41, na obtenção de biodiesel de óleo de algodão.** 2011, p. 142. Tese de Doutorado em Engenharia de Processos, UFCG, Campina Grande – PB.

SILVA, F. M. do N; LIMA, E. G; BARBOSA, T. L. de A; RODRIGUES, M. G. F. **Evaluation of Catalysts Mordenite and MoO3/Mordenite in the Production of Biodiesel**, Materials Science Forum, v. 958, p. 11-16, 2019.

SILVA, F. M. N; LIMA, E. G; BARBOSA, T. L. de A; RODRIGUES, M. G. F. **Characterization and Application of Catalysts Hard Green Clay and MoO3/Hard Green Clay in Transesterification Reaction of Soybean Oil**. Materials Science Forum, v. 958, p. 29-34, 2019.

SILVA, F. M. N; LIMA, E. G; RODRIGUES, M. G. F. **Preparation and Characterization of MOR catalysts, Mo- MOR Ni-MOR and for application in the transesterification of soybean oil.** In anais do 12° European Congress on Catalysis, Kazan- Rússia, 2015.

SILVA, M. L. P; RODRIGUES, M. G. F; SILVA, M. G. C. **Characterization of National Clays after Acid Treatment and Thermal.** Cerâmica, v.55, p.11-17, 2009.

VALKENBERG, M. H; HÖLDERICH, W. F. **Preparation and use of hybrid organic–inorganic catalysts.** Catalysis Reviews Science and Engineering, v.44, p.321–374, 2002.

ZHAO, E; FENG, J; HUO, Q; FENG, J. G. H; CHMELKA, B. F; STUCKY, G. D. **Nonionic triblock copolymer and oligameric surfactant syntheses of highly ordered hydrothermally stable, mesoporous sílica structures.** Journal of the American Chemical Society, v. 120, p. 6024-6036, 1998.

TRANSMISSÃO DE MCU UTILIZANDO ROBÓTICA EDUCACIONAL

Naltilene Teixeira Costa Silva [1]
Michael Lee Sundheimer [2]

RESUMO

A sociedade é bombardeada continuamente no seu dia-a-dia pelas novas tecnologias e essa interação não só conecta pessoas como modifica de uma forma profunda as possibilidades de uma vivência escolar mais significativa para o estudante. Este artigo refere-se a uma atividade que teve como objetivo principal integrar a robótica educacional no ensino de um dos tópicos de Cinemática como: Transmissão de MCU utilizando combinações de engrenagens dos kits *Mindstorms* NXT 9797 da LEGO, focalizando dois casos importantes: mesma velocidade angular e mesma velocidade linear. Além de, explorar conceitos físicos envolvidos no experimento com os dados coletados, assim como, análise de dados através dos gráficos de picos de intensidade da luz refletida versus tempo. A integração de recursos tecnológicos, como a robótica no universo escolar, cria espaços para a identificação e o diálogo entre as diferentes linguagens. A participação dos estudantes em atividades escolares que integram a robótica educacional como uma ferramenta auxiliar no ensino tradicional, vem sendo utilizada com maior frequência nas últimas duas décadas. A atividade foi vivenciada com estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola de Referência em Ensino Médio Maria Gayão Pessoa Guerra de Araçoiaba-PE. Percebeu-se com a realização do experimento utilizando a robótica educacional, como aparato pedagógico, simultaneamente ligado à compreensão de conceitos no ensino de Física, que surge um leque de possibilidades para o processo de ensino-aprendizagem, que transformam, dinamizam e expandem o que já ocorre no espaço escolar.

Palavras-chave: Robótica, Tecnologias, Física, Ensino.

INTRODUÇÃO

A sociedade moderna está envolvida em uma variedade de equipamentos eletrônicos, como celulares 4G, TV digital interativa, PlayStation 4 etc... e isso, certamente direciona a um amplo debate devido a profundas e constantes transformações na sociedade contemporânea, pela onda das inovações tecnológicas inseridas no seu cotidiano. Assim como, provoca questionamentos sobre a utilização das mesmas no ambiente escolar.

Esses avanços das tecnologias pressionam por transformações nas relações envolvendo ensino/aprendizagem e possibilitam a adaptação de caminhar em ritmo próprio dos estudantes, indo além do que lhes foi proposto. Moran (2009, p. 59) e Behrens (2009, p. 103), respectivamente, parecem ser consonantes quando advertem que:

[1]Mestrado em MNPEF, pólo Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, lenesbel2006@gmail.com;
[2]Professor orientador: Doutorado em Ciências Ópticas, University of Arizona, EUA, mlsundheimer@gmail.com.

> Caminhamos rapidamente para processos de ensino-aprendizagem totalmente audiovisuais e interativos. Nos veremos, ouviremos, escreveremos simultaneamente, com facilidade, a um custo baixo, às vezes em grupos grandes, outras vezes em grupos pequenos ou de dois em dois

> Neste novo processo educativo, o aluno dispõe de recursos para avançar, pausar, retroceder e rever o conhecimento. Esse processo permite fazer anotações e investigações pessoais, consultar materiais alternativos e complementares, bem como discutir com outros usuários ou com os próprios colegas suas produções

É relevante deixar claro que as tecnologias não serão o salva-vidas que solucionarão em tempo recorde as dificuldades de ensino e aprendizagem no espaço escolar. Para Masetto (2009, p.139-140) as tecnologias "têm sua importância apenas como um instrumento significativo para favorecer a aprendizagem de alguém…poderá colaborar, se for usada adequadamente para alcançar os objetivos que se pretenda que elas alcancem que no caso serão de aprendizagem".

A robótica é uma das tecnologias disponibilizada como recurso pedagógico no cotidiano escolar. Sem qualquer dúvida, a robótica educacional, como ferramenta pedagógica tem assumido atuação relevante e se apresenta como uma opção atraente no processo ensino-aprendizagem que tem sido cultivada na contemporaneidade. No que se refere Zilli (2004, p.77) e Benitti *et al* (2009), respectivamente:

> A Robótica contempla o desenvolvimento pleno do aluno, pois propicia uma atividade dinâmica, permitindo a construção cultural e, enquanto cidadão, tornando-o autônomo, independente e responsável. O professor, como facilitador desse processo, muitas vezes chega a confundir-se com o próprio ambiente.

> Através da robótica educativa os estudantes poderão explorar novas ideias e descobrir novos caminhos na aplicação de conceitos adquiridos em sala de aula e na resolução de problemas, desenvolvendo a capacidade de elaborar hipóteses, investigar soluções, estabelecer relações e tirar conclusões.

Isso se deve, devido à grande potencialidade que a robótica educacional tem para ensinar conceitos e conteúdos específicos de física, matemática, eletrônica, mecatrônica, computação e programação, entre outros. Além disso, há a possibilidade de produzir "efeitos colaterais" desejáveis como aprimorar habilidades de raciocínio lógico, trabalho em equipe, elaboração de projetos de engenharia, organização e expressão de ideias e resultados, o uso do método científico de investigação, e pode até proporcionar melhorias em inglês.

As considerações explicitas por Zilli (2004, p. 77) descrevem que a robótica educacional potencializa "o trabalho em equipe e colaborativo, desenvolvendo a responsabilidade, a disciplina, o senso de organização, a descoberta, a interação, a autoestima,

a paciência, a persistência, a iniciativa, a socialização, a autonomia, a troca de experiências, entre outros". Fornaza e Webber (2014, p.9) sugerem que a:

> Robótica Educacional pode contribuir para o aprendizado científico e tecnológico, integrados a uma área de conhecimento. Sob esta perspectiva, a aprendizagem ultrapassa os limites da sala de aula, levando o aluno a elaborar conjecturas, criar soluções que interajam com o mundo real e testar como elas se comportam. Assim, além de resolver os problemas curriculares, os alunos passam a reconhecer que tais situações são reais e a aprendizagem contextualizada pode se tornar significativa e, portanto, duradoura.

É neste contexto de iniciativas que se propõe esta atividade cujo objetivo principal foi integrar a robótica educacional para o ensino-aprendizagem de tópicos de Cinemática como: Transmissão de MCU. E dessa forma, também contribuir ao corpo da literatura científica sobre o assunto, na tentativa de levantar reflexões sobre a utilidade da robótica educacional, com ênfase no ensino de física.

O uso de tecnologias como a robótica educacional está baseado nos princípios teóricos de construtivismo de Piaget, em que as pessoas experimentam uma aprendizagem melhor e mais duradoura quando ativos no processo de aprendizagem, quer dizer aprendemos melhor enquanto fazendo e não simplesmente escutando e copiando do quadro. O construtivismo de Piaget e outros, propõe que há uma aprendizagem potencialmente relevante quando o aluno é convidado "a experimentar, tateando, por si mesmo, trabalhando ativamente, ou seja, em liberdade e dispondo de todo o tempo necessário" (MUNARI, 2010, p. 18 apud PIAGET, 1949, p. 39).

A robótica educacional "trabalha o conceito que Papert dá a hard (difícil), contida na expressão hard fun (diversão difícil). Assim, os alunos são desafiados a enfrentar, de forma divertida, as dificuldades que encontrarem nas tarefas" (FRANCESCHINI, 2012, p.7). A teoria de aprendizagem Construcionismo, efetivada por Seymour Papert no final do século 20, é alicerçada na teoria de aprendizagem construtivista.

Embora Papert aceitassem aspectos da teoria de aprendizagem construtivista, ele considerava que o conhecimento não é construído sem o apoio de ferramentas, como qualquer outro constructo, materiais são necessários (PIRES *et al*. p.3). Papert propõe que haja um melhor aprendizado quando o aluno está ativamente envolvido na construção de um artefato palpável (PAPERT, 1991). Segundo Fornaza e Webber (2014, p.3) Papert considera que:

> uma proposta construtivista moderna mediada pelas tecnologias deve partir da suposição de que os alunos devem buscar o conhecimento específico de que necessitam por si só, sendo subsidiados pela educação formal e assim apoiados

moral, psicológica, material e intelectualmente em seus esforços. Novos meios para isso vêm sendo desenvolvidos e testados ainda em pequena escala nas escolas no Brasil. Uma dessas formas é através da Robótica Educacional que, conectada aos conteúdos curriculares, coloca o aluno como construtor de sua aprendizagem.

Portanto, o educador deve encarar esse desafio, buscando "promover a aprendizagem do aluno para que este possa construir o conhecimento dentro de um ambiente que o desafie e o motive para a exploração, a reflexão, a depuração de ideias e a descoberta" (ALMEIDA, 2000, p.77).

Zilli (2004, p. 37) ressalta que na teoria Construcionista "Papert vê o conhecimento de uma forma mais concreta, onde o aprendizado ocorre em um processo de projetar e materializar as ideias, buscando sempre melhorá-las". Neste contexto, nossa sugestão é que integrar a robótica no ambiente escolar como ferramenta pedagógica conectada aos conteúdos curriculares no ensino de Física, além de facilitar o processo de aprendizagem colocando o aluno como construtor de sua aprendizagem é uma ótima vivência do construtivismo usando a tecnologia como ferramenta pedagógica.

METODOLOGIA

Para a vivência desta atividade experimental que integra a robótica educacional visando o ensino-aprendizagem do tópico de Cinemática Transmissão de MCU foi utilizado o kit *MINDSTORMS* NXT 9797 da LEGO. A atividade foi aplicada no horário normal de aula da disciplina Física, perfazendo um total de quatro horas-aula e cada aula com 50 minutos de duração. O objetivo foi construir um robô para investigar transmissão de MCU usando combinações de engrenagens focalizando dois casos importantes: mesma velocidade angular e mesma velocidade linear.

A robótica educacional potencializa-se como uma ferramenta de aprendizagem extremamente útil no ensino e aprendizagem de Física. Conjeturando explorar as potencialidades do uso dessa ferramenta tecnológica para uma aprendizagem relevante, de forma diversificada e prazerosa, aplicou-se essa atividade experimental para o estudo de transmissão de MCU utilizando engrenagens.

Na aplicação desta atividade experimental foram coletados dados do microcontrolador do robô e visualizados no Log de Dados no *software* da Lego, que permite análise e interpretação através de gráficos. A análise dos gráficos foi realizada com os estudantes com o objetivo de entender os dados obtidos. Além da importância geral, a habilidade de analisar

gráficos é necessária para a resolução de questões de ENEM, que explora conceitos físicos através de gráficos de dados.

Essa atividade foi vivenciada com estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola de Referência em Ensino Médio Maria Gayão Pessoa Guerra de Araçoiaba-PE onde eu desenvolvo minha atividade docente para alunos do Ensino Médio na disciplina de Física. O experimento foi realizado, em grupos de quatro estudantes, seguindo a mesma metodologia sugerida pela LEGO, onde cada um assumiu uma função distinta (organizador, construtor, programador, apresentador). A figura 1 traz de forma mais detalhada a responsabilidade de cada aluno participante na equipe.

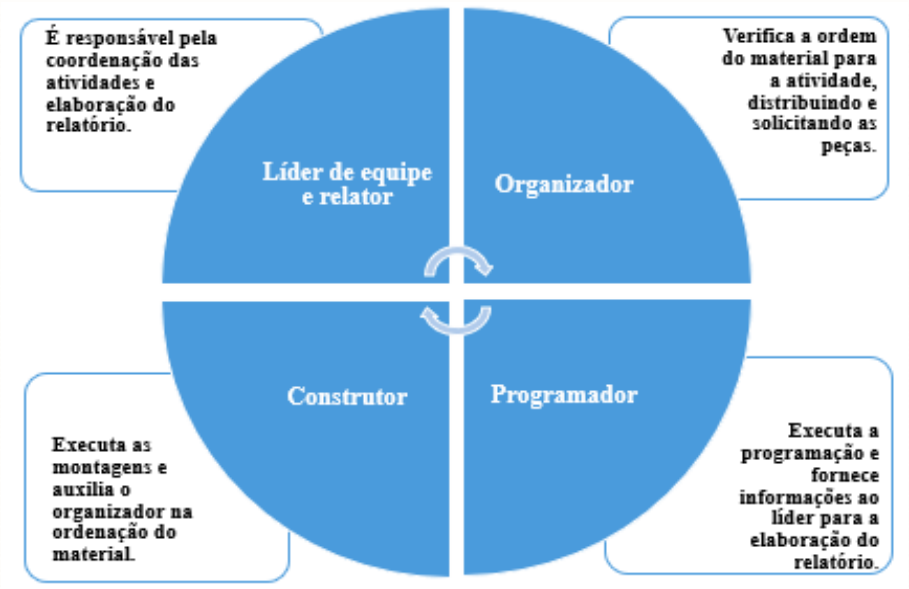


Figura 1. Função de cada aluno na equipe

Com as equipes definidas, foram distribuídos os Kits *MINDSTORMS* NXT 9797 da LEGO, assim como, um Tablet da Cce. Esses tablets foram doados para a escola como parte de um Projeto da Secretaria de Educação / Estado PE. Em cada tablet utilizado pelos grupos o programa NXT da Lego foi instalado anteriormente. Por acreditar que um ensino que direciona para um caminho lúdico e prazeroso ameniza a dicotomia teoria-prática, nesta disciplina, foram ministradas aulas com uma metodologia para o ensino de Física que envolveu a construção do conhecimento utilizando da Robótica Educacional como ferramenta pedagógica.

Os estudantes foram orientados por um manual a construir um robô com sensor de luz, conforme Fig. 2. O sensor de luz permite o robô a "ver", ou seja, detecta e ler os níveis de luz refletida. "O sensor de luz habilita o robô a distinguir entre claro e escuro, ler a intensidade da

luz em uma sala e medir a intensidade da luz em superfície coloridas (classificação em escala de cinza)" (LEGO, 2008, p.30). Dessa forma, detecta a luz e a escuridão em uma escala de 0 a 100, sendo 0 a cor preto e 100 a cor branco. Neste experimento, o sensor de luz foi usado na elaboração do robô para ver e registrar intensidade de luz refletida.

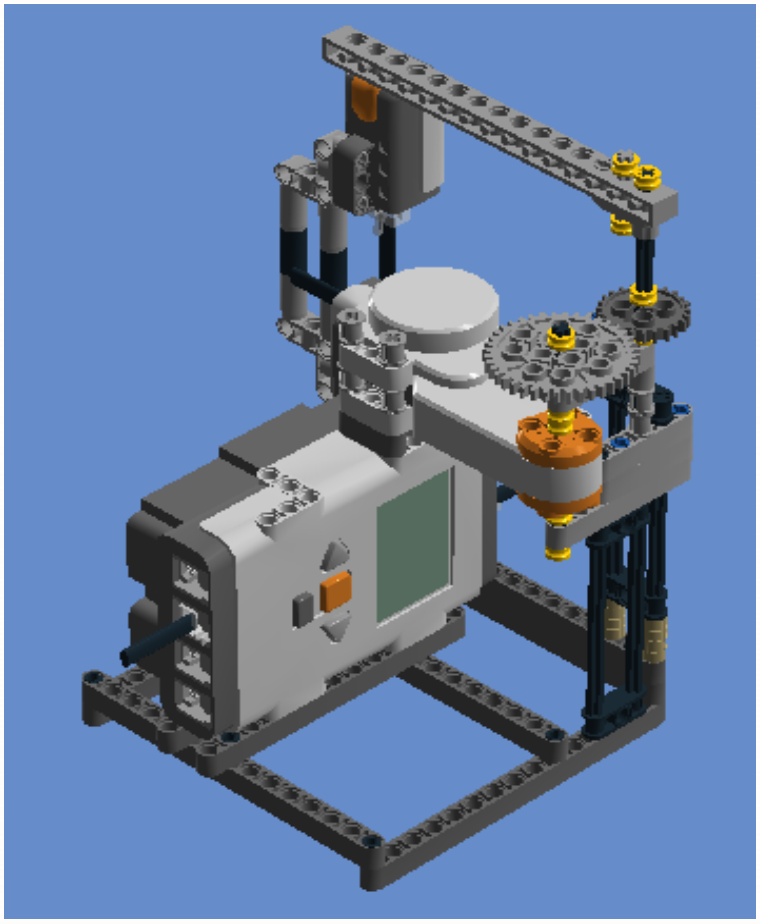


Figura 2. Robô para estudo de Engrenagens.

O robô foi erguido com uma peça (braço) que gira em cima do sensor de luz e com duas engrenagens que inicialmente foram utilizadas no eixo conectado ao motor e num outro momento em eixos distintos. Quando conectadas em eixos distintos, uma das engrenagens foi movimentada pelo eixo conectado ao motor, e a outra engrenagem estava no outro eixo livre. No entanto essas engrenagens podiam ser mudadas de eixo e/ou trocadas por outras maiores ou menores. A Figura 3 mostra um momento correspondente a essa aula de construção do robô para estudo de aspectos da transmissão de MCU utilizando engrenagens.



Figura 3. Momento de construção do robô para estudo de Engrenagens.

Estudo da Transmissão de MCU utilizando Robótica Educacional

Na segunda aula com o robô construído os estudantes foram conduzidos a investigar o caso das engrenagens coaxiais (quando as engrenagens giram acopladas no mesmo eixo) conectadas ao eixo que está no motor. Dessa forma perceberam claramente que ambas levam o mesmo período para executar MCU, consequentemente foi possível estabelecer uma relação entre as frequências de rotação ($f_1 = f_2$), visualizando de forma prática que a velocidade angular de ambas as engrenagens (maior e menor) são iguais ($\omega_1 = \omega_2 = \omega$).

Os estudantes foram orientados quanto a programação que foi utilizada na atividade. O robô foi programado para marcar cada instante em que o "braço" passasse por cima do sensor, tanto quando as engrenagens estavam no mesmo eixo, quanto quando estavam em eixos distintos. Os dados foram baixados do microcontrolador do robô e visualizados no Log de Dados do *software* da Lego e registrados para análise do estudo em caso no decorrer da aplicação.

Na terceira aula os estudantes observaram a transmissão de movimento por engrenagens acopladas uma a outra, contudo, em eixos distintos. Inicialmente, foi observada a transmissão de movimento produzida pela engrenagem menor que estava conectada ao eixo não conectado ao motor com a potência do robô em 30%. Assim, o braço não estava conectado a engrenagem maior que estava conectada ao motor e sim na engrenagem menor, não conectada ao motor. Num segundo momento as engrenagens foram invertidas, colocando

a engrenagem menor no eixo conectado ao motor e a engrenagem maior conectada ao eixo conectado ao braço do robô.

Com os dados captados pelo sensor de luz e registrados no Log de Dados, os estudantes obtiveram o período (*T*) para o braço realizar uma volta quando conectado a engrenagem menor e quando conectado a engrenagem maior, para análise, à medida que foi explicado os princípios e conceitos de física envolvidos no experimento. Os estudantes foram estimulados a compararem às velocidades angulares e velocidades lineares de ambas as engrenagens em distintos eixos.

Na quarta aula agradecemos a participação e cooperação dos estudantes para a aplicação das atividades propostas, assim como, o registro que as equipes fizeram dos dados da observação dos robôs. Foi proeminente instigar discussões com os estudantes sobre aspectos das grandezas envolvidas no experimento de forma a levar os alunos a constatarem de forma prática os conhecimentos envolvidos.

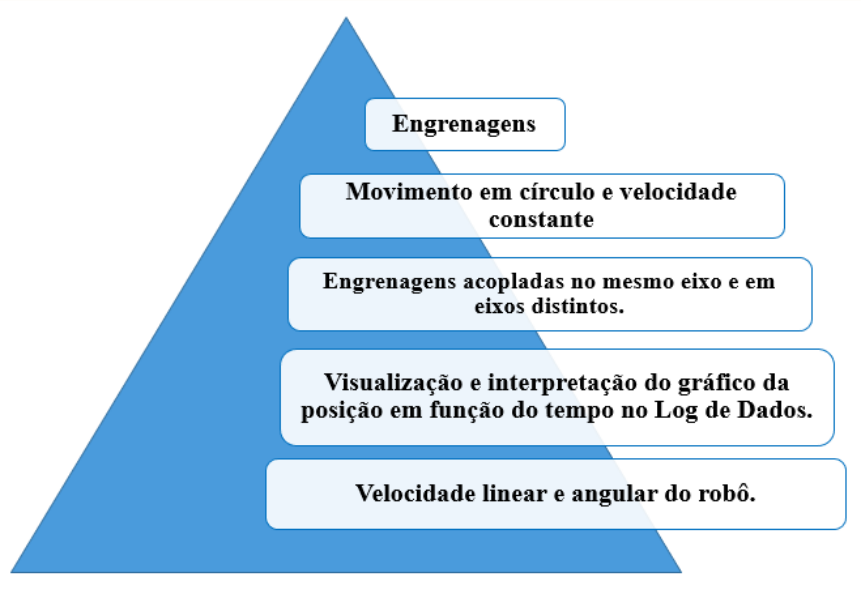


Figura 4. Sequência do estudo de engrenagens utilizando robótica

Unindo a teoria ao experimento

***Engrenagens no mesmo eixo (mesma velocidade angular)**

Artefatos com engrenagens estão presentes no dia-a-dia dos estudantes como em bicicletas, relógios etc. Abordar conceitos físicos explorando situações do convívio dos

estudantes possibilita uma aproximação significativa da teoria com o conhecimento prévio dos estudantes.

Em engrenagens que giram em torno do mesmo eixo (Fig.5), seus pontos apresentam, no mesmo intervalo de tempo, ângulos iguais, e, portanto, possuem a mesma frequência ($f_1 = f_2$) e velocidade angular ($\omega_1 = \omega_2 = \omega$).

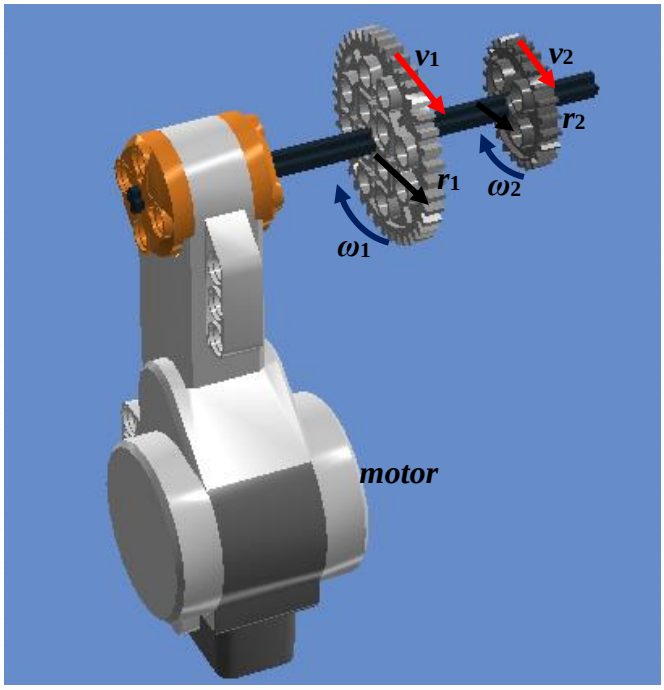


Figura 5. Engrenagens no mesmo eixo

É importante estabelecer uma relação entre as frequências angulares e suas velocidades lineares, conforme as equações 1 e 2. Nesse caso, as velocidades escalares lineares serão diretamente proporcionais aos respectivos raios (Eq. 3).

$$v_1 = \omega_1 r_1 = \omega r_1 \qquad \textbf{Eq. 1}$$

$$v_2 = \omega_2 r_2 = \omega r_2 \qquad \textbf{Eq. 2}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1}{r_2} \qquad \textbf{Eq. 3}$$

***Engrenagens em eixos distintos (mesma velocidade linear)**

Em engrenagens acopladas uma com a outra, como mostra na Figura 6, se não houver escorregamento entre as engrenagens, elas movimentam-se em sentido contrário e então todos os pontos nas circunferências das engrenagens, devem apresentar a mesma velocidade linear.

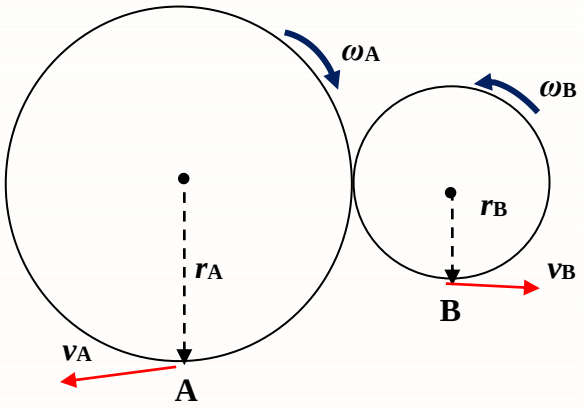


Figura 6. Engrenagens acopladas em eixos distintos

Esse acoplamento pode ser transmitido diretamente como é o caso desse experimento proposto ou indiretamente através de uma corrente como em uma bicicleta. Comparando a velocidade angular de ambas as engrenagens em distintos eixos é possível estabelecer uma relação entre as suas velocidades angulares, conforme a Eq. 5. Nesse caso, de engrenagens acopladas por contato as velocidades angulares serão inversamente proporcionais aos respectivos raios, descrito na Eq. 6.

$$v = \omega r \qquad \textbf{Eq. 4}$$

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \qquad \textbf{Eq. 5}$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r_1}{r_2} \qquad \textbf{Eq. 6}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações do robô para ensino aprendizagem de transmissão de MCU através de engrenagens explorando dados coletados nos gráficos da intensidade de luz refletida versus

tempo, projetados no Log de Dados foram vivenciadas no decorrer da aplicação do experimento. A atividade foi vivenciada no horário normal de aula da disciplina Física, totalizando quatro horas-aula e cada aula com duração de 50 minutos.

Na dinâmica de abordagem da atividade, antes da observação e das visualizações dos dados, foi utilizada a argumentação como forma de despertar a curiosidade nos alunos. Esse primeiro momento da atividade foi observado engrenagens que giram em torno do mesmo eixo.

Professora: *as engrenagens irão executar movimento circular uniforme no mesmo período? Ou uma vai levar mais tempo que a outra?*

Aluno A, B e C: *a engrenagem menor vai levar menos tempo.*

Aluno D e E: *será o mesmo tempo.*

Aluno F: *professora ela é menor, então deve ser menos tempo.*

Aluno G: *mas elas vão estar no mesmo eixo, cara. Vai ser no mesmo tempo, tu vais ver.*

Então, foi pedido aos alunos para fazerem duas bolinhas de papel e colocarem em ambas as engrenagens na mesma direção e executarem a programação para que ambas as engrenagens executassem MCU e verificarem se ambas passavam pelo sensor de luz ao mesmo tempo. Alguns estudantes ficaram em dúvida dizendo, mas como pode?

Desta vez, os alunos foram orientados a retirarem a engrenagem maior e verificarem o período para a engrenagem menor executar MCU e consequentemente realizarem o mesmo processo para a engrenagem maior. Nesse momento, foi comparada essa situação a verificada ao estudo do MCU em que foi mantido a mesma potência do robô e mudado o tamanho do raio.

O gráfico a seguir (figura 7) mostra os dados do experimento do braço do motor em MCU no caso das engrenagens acopladas no mesmo eixo registrados nessa segunda aula. Visualiza-se picos periódicos de luminosidade a aproximadamente cada 7,0 segundos registrando assim, o período para que o braço do motor realize uma volta quando em 15% de potência, o que coincide também com o período em que as engrenagens de forma individual realizara uma volta completa, logo, ambas possuem a mesma frequência de 0,14 Hz ($f_1 = f_2$).

Dessa forma foi registrada a velocidade angular do braço do robô, assim como, das engrenagens (maior e menor) de aproximadamente 0,9 rad/s ($\omega_1 = \omega_2 = \omega$) e velocidade linear da engrenagem menor de raio 1,0 cm 0,9 cm/s e a velocidade linear da engrenagem maior de raio 2,0 cm de aproximadamente 1,8 cm/s, o que mostra que a velocidade linear da engrenagem maior é duas vezes a velocidade linear da engrenagem maior.

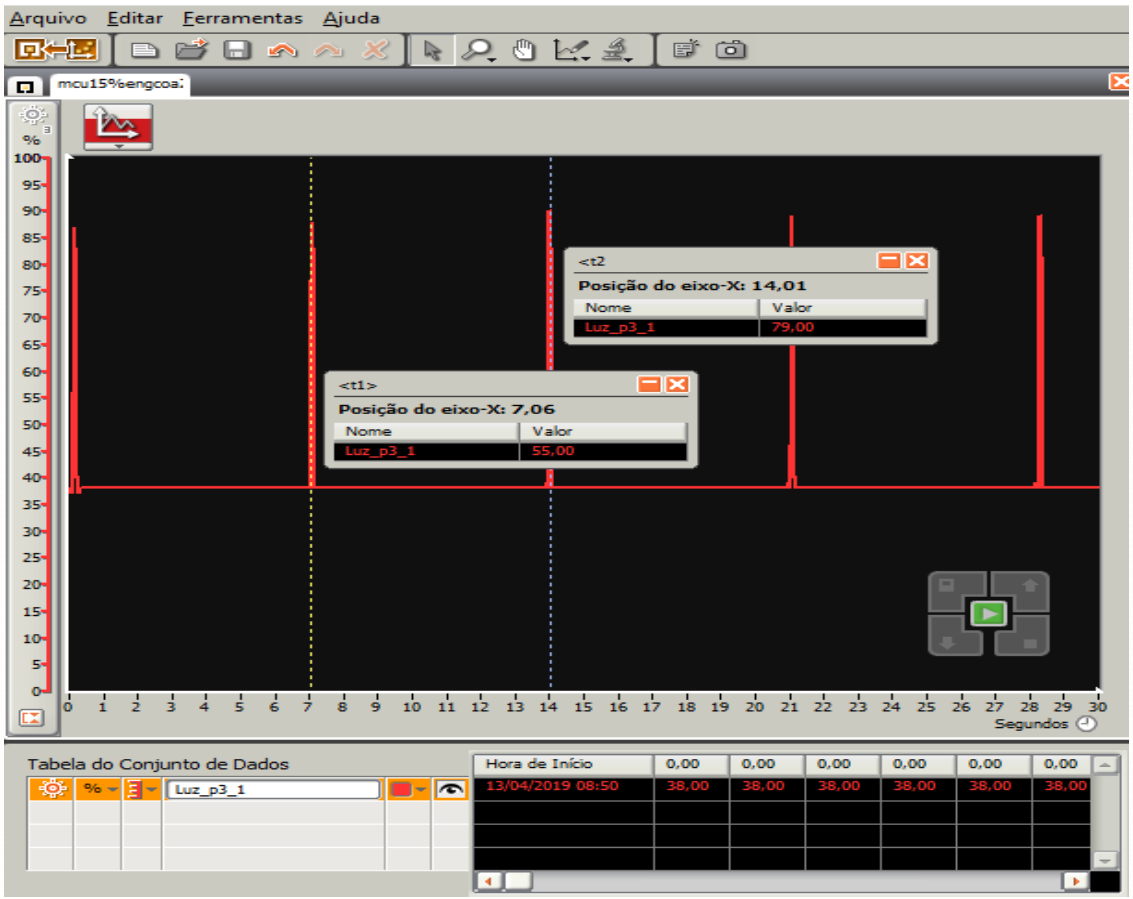


Figura 7. Período MCU para motor em 15% de potência com engrenagens coaxiais

Na terceira aula foi observada a situação de engrenagens acopladas uma com a outra através de eixos distintos. Supondo um movimento sem escorregamento entre as engrenagens, elas giram em sentido contrário. Nesse contexto, antes de executar a programação proposta para esse momento de observação da atividade foi realizado algumas perguntas aos estudantes.

Professora: *as engrenagens vão executar movimento circular uniforme para a mesma direção ou em direção distintas?*

Alunos A, B, C e D: *vai ser uma para um lado e a outra para o outro.*

Professora: *em relação ao período que ambas farão o MCU, uma levará mais tempo que a outra?*

Alunos A, B, C e D: *será o mesmo tempo.*

Aluno E: *eu acho que a engrenagem menor levará menos tempo.*

Aluno F: *não, eu acho que vai ser assim: enquanto a maior dar uma volta a menor vai dar mais voltas.*

Professora: *por que você acha que a engrenagem menor dará mais voltas enquanto a engrenagem maior vai dar apenas uma volta? Por que você acha que isso vai acontecer?*

Aluno F: *bom é assim na bicicleta, então deve ser a mesma coisa professora.*

Na Fig. 8 visualiza-se picos periódicos de luminosidade a aproximadamente 2,0 segundos registrando assim, o período para que o braço do robô conectado a engrenagem menor não conectada ao eixo do motor realize uma volta completa quando o motor em 30% de potência. Dessa forma, a frequência da engrenagem menor será 0,5 Hz e a velocidade angular da engrenagem menor de raio 1,0 cm do robô de aproximadamente 3,14 rad/s. A velocidade escalar linear é de aproximadamente 3,14 cm/s.

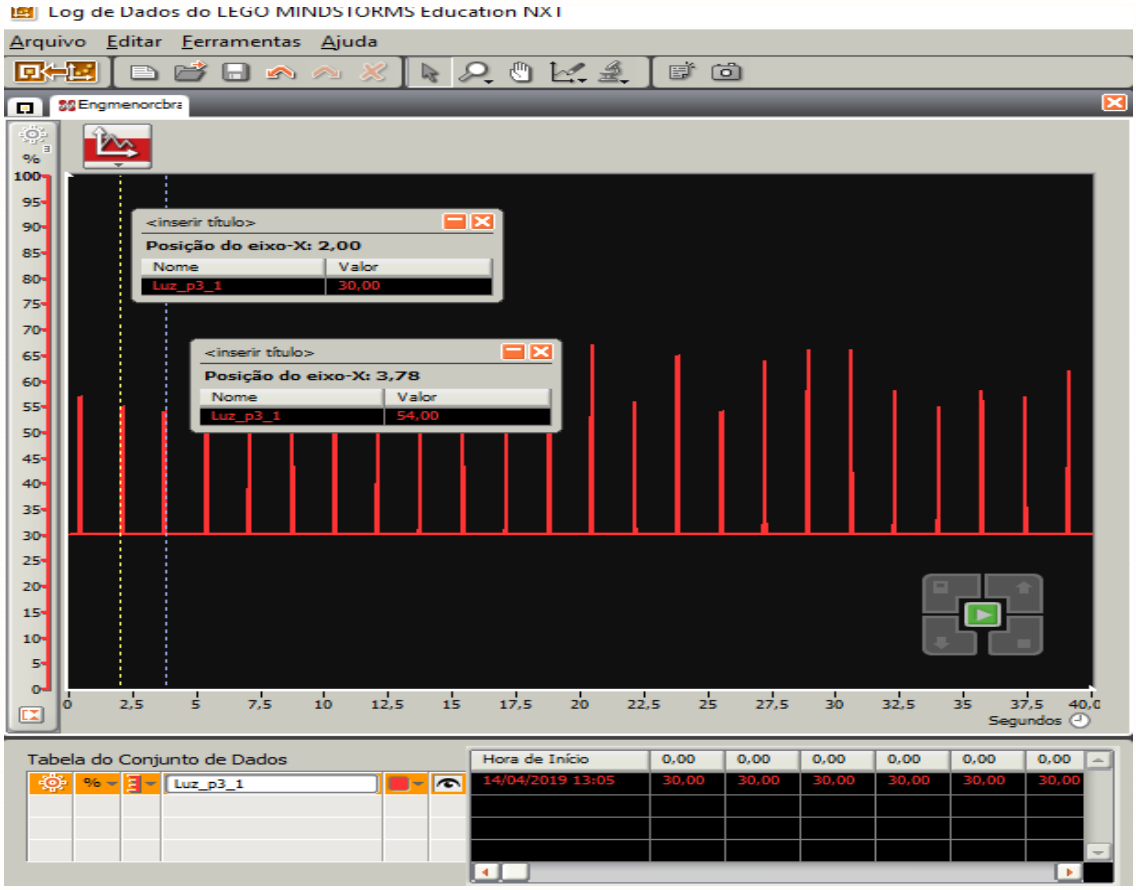


Figura 8. Período MCU para motor em 30% de potência com engrenagens acopladas por contato-braço na engrenagem menor.

Enquanto, o período para o braço realizar uma volta quando conectado a engrenagem maior de raio 2,0 cm quando não conectada ao motor foi de aproximadamente 4,0 s, conforme observa-se na Fig. 9. Consequentemente, a frequência da engrenagem maior de 0,25 é menor que a frequência da engrenagem menor. Registrou-se velocidade angular da engrenagem maior igual a 1,57 rad/s e velocidade escalar linear de aproximadamente 3,14 cm/s. Assim

sendo, ambas possuem velocidades lineares iguais e a velocidade angular da engrenagem menor é duas vezes a velocidade angular da engrenagem maior.

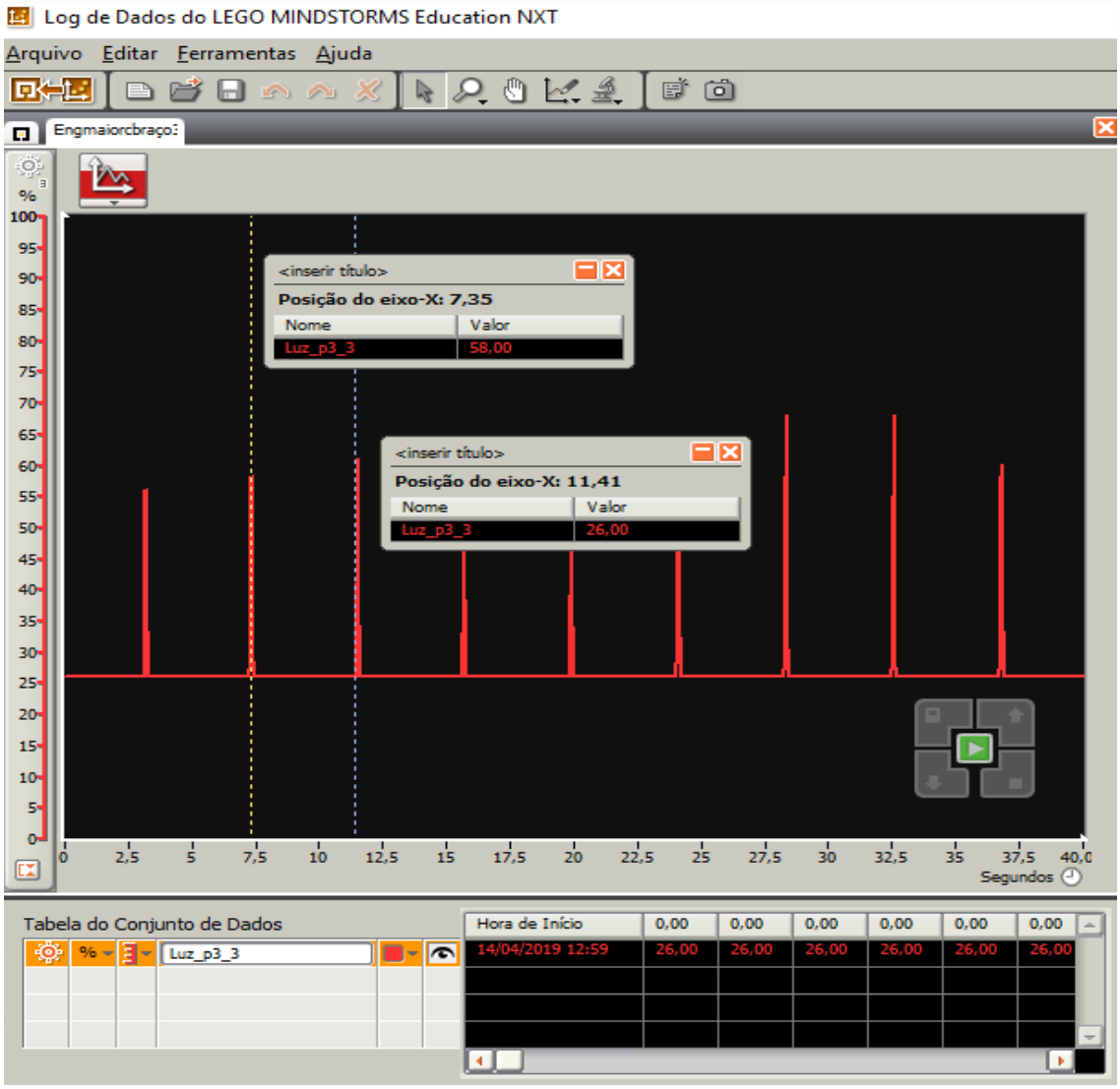


Figura 9. Período MCU para motor em 30% de potência com engrenagens acopladas por contato-engrenagem maior com braço.

Na quarta aula, ao finalizar a aplicação dessa quarta atividade experimental os alunos realizaram um registro de suas observações pessoais em relação ao estudo de Engrenagens. Esses registros apresentados a seguir mostram que de forma prática os estudantes realizaram observações pertinentes aos objetivos propostos.

Grupo A: *Quando as engrenagens estão em eixos diferentes elas possuem frequências e velocidades angulares diferentes, a velocidade linear das duas é igual.*

Grupo B: *A velocidade angular da engrenagem menor foi o dobro da engrenagem maior quando as engrenagens ficaram em dois eixos diferente e quando ficaram no mesmo eixo elas foram iguais.*

Grupo C: *Cada volta que a engrenagem maior dá a engrenagem menor faz duas voltas quando as engrenagens estão em eixos diferentes e quando elas estão no mesmo eixo elas fazem a mesma quantidade de voltas e no mesmo tempo, por isso, que a velocidade angular deu igual.*

Foi agradecida a participação e cooperação dos estudantes para a aplicação desta atividade proposta, assim como, o registro que as equipes fizeram dos dados da observação dos robôs.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Física no ambiente escolar normalmente é descontextualizado causando muitos problemas de aprendizagem e desinteresse nos estudantes. Na vivência desta atividade experimental utilizando a robótica educacional voltada a experimentos de fenômenos físicos no ambiente escolar constatou-se uma maior facilidade no processo de aprendizagem e criatividade dos estudantes.

Por acreditar-se no potencial pedagógico que experimentos usando a robótica educacional oferecem quando inseridos na proposta pedagógica escolar, foi possível vivenciar as oportunidades diversificadas de construção de conhecimento que se situam mediante a apropriação de linguagens e tecnologias aplicáveis na prática pedagógica do professor de Física do ensino médio.

Dessa forma, destacamos a grande satisfação com a realização deste trabalho, acreditando que este artigo pode colaborar com outros docentes em sua vivência pedagógica. O relato deste trabalho visa colaborar como estímulo para que experimentos usando a robótica educacional possam ser usados pelos professores de Física do Ensino Médio como ferramenta inovadora que modifica o processo de ensinar e aprender. Além do mais, que possa fomentar tanto nos professores quantos nos alunos uma visão mais ampla das tecnologias, em que os conhecimentos não são estanques, mas interligados, numa proposta que rompe com a linearidade e a hierarquia na abordagem da proposta curricular.

Entre os resultados, após a aplicação e análise dos dados obtidos através dessa atividade para estudo de Transmissão de MCU, percebeu-se que a vivência de experimentos utilizando a robótica educacional no ensino e aprendizagem de Física, com estudantes do 1º

ano do ensino médio da EREM Maria Gayão Pessoa Guerra propiciou aos estudantes atitude crítica e proativa, potencializando-se como uma ferramenta pedagógica benéfica. Sua utilização de forma diversificada envolve competências distintas promovendo entusiasmo para uma reflexão mais acurada sobre as potencialidades de uma aprendizagem qualitativa.

Durante está atividade foi observado a interação, descontração, curiosidade, uma certa ansiedade em alguns alunos em verem seu robô sendo construído e discussões entre os estudantes para a construção do robô. Os alunos estavam ativamente envolvidos na construção do robô. Segundo a teoria construtivista de Papert esse estar envolvido na construção de artefatos palpáveis é muito importante para que haja um melhor aprendizado.

Ressalta-se a contribuição proativa, a observação e cooperação dos estudantes para a realização dessa atividade envolvendo robótica educacional. O registro que as equipes fizeram dos dados foram relevantes para entender que os alunos obtiveram um aumento de conhecimento como resultado de uma construção pessoal, articulando a construção de um artefato tecnológico concreto à apreensão de conceitos no ensino de Física.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. ProInfo: Informática e formação de professores. Secretaria de Educação a Distância. Volume 1. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2000.

BEHRENS, M. A. Projetos de Aprendizagem Colaborativa num Paradigma Emergente. In: MORAN, José Manuel. Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica/ José Manuel Moran, Marcos T. Masetto, Marilda Aparecida Behrens. – Campinas, SP; Papirus, 2009.

BENITTI, F. B. V. *et al*. Experimentação com Robótica Educativa no Ensino Médio: ambiente, atividades e resultados. 2009. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/237568580_Experimentacao_com_Robotica_Educativa_no_Ensino_Medio_ambiente_atividades_e_resultado. Acesso em: 10/03/2019.

FORNAZA, R; WEBBER, C. G. Robótica Educacional aplicada à aprendizagem em Física. 2014. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/50275/31405>. Acesso em: 15/08/2018.

FRANCHESCHINI, H. A; GONÇALVES, M. A. Modelo e metodologia LEGO – Educação para a Vida. 1ª Ed., Curitiba, PR. ZOOM Editora Educacional Ltda. 2012.

MANUAL do NXT 2.0. (2008). Disponível em: http://mz.pro.br/Engenharia_Processo/04-Manual_MindStorms_Portugues.pdf. Acesso em: 15/11/2018.

MASETTO, M. T. Mediação Pedagógica e o Uso da Tecnologia. In: MORAN, José Manuel. Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica/ José Manuel Moran, Marcos T. Masetto, Marilda Aparecida Behrens. – Campinas, SP; Papirus, 2009.

MORAN, J. M. Ensino e Aprendizagem Inovadores com Tecnologias Audiovisuais e Telemáticas. In: MORAN, José Manuel. Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica/ José Manuel Moran, Marcos T. Masetto, Marilda Aparecida Behrens. – Campinas, SP; Papirus, 2009.

MUNARI, A. *Jean Piaget*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

PAPERT, S., **"**Situating Constructionism", In *Constructionism*, I. Harel e S. Papert, Eds, (1991). Disponível em: www.papert.org. Acesso em: 10/10/2018.

PIRES. F. G. S *et al.* Criação de um Clube de Programação: uma análise da participação feminina. http://cleilaclo2018.mackenzie.br/docs/LAWCC/188450.pdf. Acesso em: 15/10/2018.

ZILLI, S. R. A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Práticas. Dissertação de Mestrado – Florianópolis: UFSC, 2004.

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA

Ana Alice Quintans de Araujo [1]
Rui de Oliveira [2]
Ruth Silveira do Nascimento [3]

RESUMO

O semiárido nordestino apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração e ao predomínio de rochas impermeáveis, que favorecem a limitação de águas superficiais e obrigando a população a fazer utilização das águas subterrâneas que em sua maioria não possuem água com qualidade devido ao contato durante um longo tempo com as rochas cristalinas, resultando em águas com alto grau de salinidade e sodicidade, o que limita bastante o uso desse recurso, necessitando de tecnologias que proporcionem a mudança de cenário como a dessalinização. No Brasil, mais especificamente no Nordeste, o processo mais utilizado é o de osmose reversa, que ocorre quando é empregada uma forte pressão sobre a água, de modo a deslocá-la em direção a algumas membranas que são capazes de separar praticamente toda a água dos sais minerais e outras impurezas presentes no volume original. Diante do exposto, o estudo sobre as técnicas de dessalinização de água torna-se importante auxiliadora no conhecimento de cada uma das tecnologias bem como os recursos requeridos.

Palavras-chave: Dessalinização, Osmose reversa, Osmose inversa.

INTRODUÇÃO

No contexto da crise hídrica que assola nosso país, o Nordeste brasileiro é a região mais castigada com a escassez prolongada de água recorrente nesta área. Fazendo necessário o desenvolvimento de tecnologias capazes de suprir esta necessidade.

O semiárido nordestino apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração e ao predomínio de rochas impermeáveis (embasamento cristalino), que favorecem a limitação de águas superficiais (COSTA et al., 2006). A partir desta problemática os moradores dessa região, são obrigados a procurar alternativas que possam garantir a sua subsistência. Surge então, a utilização de águas subterrâneas provenientes da perfuração de poços. No entanto,

[1] Doutoranda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, anaaliceq@gmail.com;
[2] Doutor em Engenharia Civil da Leeds Metropolitan - LEEDS, ruideo@gmail.com;
[3] Doutora em Recurss Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, ruthsn@gmail.com.

muitos deles possuem água com qualidade que difere dos parâmetros legais vigentes, devido ao contato durante um longo tempo com as rochas cristalinas, resultando em águas com alto grau de salinidade e sodicidade, o que limita bastante o uso desse recurso (BRASIL, 2012), necessitando de tecnologias que proporcionem a mudança de cenário como a dessalinização.

Visando o enquadramento das águas provenientes dos rejeitos de dessalinização nos valores de potabilidade exigidos, o presente trabalho faz uma revisão bibliográfica acerca das tecnologias aplicadas na destinação do rejeito no mundo, no Brasil e na Paraíba.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. Dessalinização: conceito, histórico e impactos negativos

Tendo como objetivo favorecer a remoção de sais minerais, microrganismos e, outras partículas sólidas que estão em excesso na água, a dessalinização consiste num processo físico-químico de tratamento de água que permite atingir os níveis de qualidade exigidos pela Portaria MS 2.914/2011.

Conforme Silveira et al. (2015) o processo de dessalinização iniciou em meados dos anos 30 e vem se aperfeiçoando ao longo dos anos;

- Em 1928 foi instalada em Curaçao, ilha no mar do Caribe, uma estação dessalinizadora pelo processo da destilação artificial, com uma produção diária de 50 m^3 de água potável.

- Nos Estados Unidos da América, as primeiras iniciativas para o aproveitamento da água do mar datam de 1952, quando o congresso aprovou a lei pública número 448, cuja finalidade era criar meios que permitissem reduzir o custo da dessalinização da água do mar. O Congresso designou a Secretaria do Interior para fazer cumprir a lei, resultando na criação do Departamento de Águas Salgadas;

- Em 1961, o Chile foi um dos países pioneiros na utilização da destilação solar, construindo o seu primeiro destilador.

- Em 1964 entrou em funcionamento o alambique solar de Syni, ilha grega do Mar Egeu, considerado o maior da época, destinado a abastecer de água potável a sua população de 30.000 habitantes;

- Na Grã-Bretanha, em 1965, eram produzidas 74% de água doce que se dessalinizava no mundo, num total aproximado de 190.000 m³ por dia.

- No Brasil, as primeiras experiências com destilação solar foram realizadas em 1970, sob os auspícios do ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica).

- Em 1971 as instalações de Curaçao foram ampliadas para produzir 20.000 m^3 por dia.

- Em 1987 a Petrobrás iniciou o seu programa de dessalinização de água do mar para atender às suas plataformas marítimas, usando o processo da osmose reversa (ou inversa), tendo esse processo sido usado pioneiramente, no Brasil, em terras baianas, para dessalinizar água salobra nos povoados de Olho D'Água das Moças, no município de Feira de Santana, e Malhador em Ipiara.

- Atualmente, existem 7.500 usinas em operação no Golfo Pérsico, Espanha, Malta, Austrália e Caribe convertendo 4,8 bilhões de m^3 de água salgada em água doce, por ano. O custo, ainda alto, está em torno de US$ 2,00/m³. As grandes usinas, semelhantes às refinarias de petróleo, encontram-se no Kuwait, Curaçao, Aruba, Guermesey e Gibraltar, abastecendo-os totalmente com água doce retirada do mar.

Araujo (2016) cita vários processos de dessalinização da água, dentre os principais, destacam-se os processos térmicos: destilação Flash de Múltiplo Estágio (Multi-Stage Flash – MSF), destilação de Múltiplo Efeito (Multi-effect distillation – MED), destilação por Compressão de Vapor (Vapor Compression – VC), Destilação Através de Energia Solar e Congelamento e processos através de membranas, osmose reversa (OR) e eletrodiálise.

No Brasil, mais especificamente no Nordeste, o processo mais utilizado é o de osmose reversa, que segundo Pena (2017), ocorre quando é empregada uma forte pressão sobre a água, de modo a deslocá-la em direção a algumas membranas que são capazes de separar praticamente toda a água dos sais minerais e outras impurezas presentes no volume original.

Este tipo de tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos (SOARES et al., 2005), comprovando ser um procedimento de grande eficácia, apesar da necessidade de tratamentos posteriores.

O processo de osmose inversa (OI), como também pode ser chamado, gera um rejeito com concentração salina superior aquela contida na água inicial e, consequentemente, implica em um alto risco de poluição ambiental.

A OI apesar de ser uma técnica de grande aplicabilidade, com resultados que conseguem obter um volume de água com uma concentração de sais bem menor que a inicial, e segundo Bezerra et al. (2016) proporcionar melhores condições para a população semiárida, também possui os seus riscos, que podem gerar impactos negativos de grande significância para o meio ambiente, como também para as pessoas diretamente e indiretamente envolvidas.

Estima-se que no semiárido brasileiro existam em torno de 400 dessalinizadores distribuídos por toda a área, gerando um volume alto de rejeitos lançado ao solo (ANDERS et al., 2015). Assim, devem-se analisar os impactos negativos provocados por este tipo de rejeito e as possíveis formas de reutilização.

O custo de produção de água obtida através da utilização da dessalinização é dado em termos de m^3 de água produzida e pode variar de região para região, como mostram os dados apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Custo da água dessalinizada em US$/m³ em várias usinas do mundo.

Usina e localização	[1]US$/m³	R$/m³	Ano
Ashkelon (Israel)	0,53	1,75	2003
Eilat (Israel)	0,74	2,45	1997
Bahamas	1,48	4,89	2003
Carlsbad, Califórnia (EUA) (Poseidon)	0,77	2,54	2005
Dhekelia (Chipre)	1,09	3,60	1996
Hamma (Argélia)	0,84	2,78	2003
Perth (Austrália)	0,92	3,04	2005
Singapura	0,49	1,62	2006
Tampa Bay, Flórida (EUA)	0,66	2,18	2004

[1](US$ 1,00 = R$ 3,31)

Fonte: Silveira et al. (2015)

Os valores variam devido à diferença da escolha dos processos, custo com energia de cada localidade e capacidade de produção de volume, pois se a capacidade de produção da indústria declina, proporcionalmente o custo de produção aumenta.

2. Tecnologias aplicadas no processo de dessalinização de água

Do volume de água submetida ao processo de dessalinização apenas uma pequena parte é convertida em água potável, enquanto a maioria é transformada em rejeito concentrado e comumente, destinada de forma equivocada.

Diante desta problemática, muitas tecnologias estão sendo desenvolvidas para minimizar os efeitos negativos causados a partir da água residuária produzida.

Em geral, nos países desenvolvidos, o rejeito está sendo transportado para os oceanos ou injetados em poços de grande profundidade; todavia, alternativas estão sendo estudadas, tais como: bacias de evaporação, redução de volume do rejeito por plantas aquáticas, bacias de percolação e irrigação de plantas halófitas (PORTO et al., 2001).

No Brasil, o rejeito não está recebendo, na maioria dos casos, tratamento antes de ser despejado no solo, como está acontecendo em Juazeirinho-PB, local onde está sendo estudado o processo de dessalinização por Bezerra (2016). Porto et al. (1999) alertam que a deposição deste resíduo poderá trazer, em um curto espaço de tempo, sérios problemas para as comunidades que se beneficiam da tecnologia da dessalinização.

Dentre as regiões secas do Brasil, destaca-se o semiárido paraibano, devido às poucas fontes de águas superficiais e aos baixos índices pluviométricos, justificando o alto uso da captação de água subterrânea. Diversas comunidades do interior do Nordeste têm os poços artesianos como a única fonte de abastecimento disponível (ANA, 2005). A água salina de profundidade está ainda abundantemente disponível em várias regiões, assim, sistemas de dessalinização de pequeno porte que atendem economicamente a demanda de água para o consumo humano, são implantados utilizando águas de poços tubulares. (SILVA, 2008).

METODOLOGIA

Uma revisão bibliográfica foi desempenhada para a realização do estudo acerca das tecnologias aplicadas na destinação do rejeito no mundo, no Brasil e na Paraíba. Para tanto, foram utilizados artigos científicos com abordagem do tema em estudo como recurso subsidiário para a seleção das técnicas mais empregadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em âmbito mundial as alternativas aplicadas para o tratamento de rejeito gerado no processo de dessalinização variam de acordo com as características, como por exemplo, climatológicas, cultural, técnicas mais viáveis e recursos financeiros disponíveis para seu emprego. Algumas destas tecnologias encontram-se expostas no Quadro 1.

Quadro 1. Alternativas aplicadas para o tratamento de rejeito gerado no processo de dessalinização no âmbito internacional.

Tecnologia	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Emissão em Oceano (Einav et al.(2002), Ilhas Canárias-Espanha)	A emissão do rejeito é feita no Oceano Atlântico	Pouco efeito provocado no oceano, devido ao seu alto poder de diluição.	- Prejuízos aos ecossistemas costeiros.
Tanque de evaporação (Glueckstern; Priel, (1996), Naveg,-Israel)	A água bruta com alta concentração de sais é inserida em tanque de fundo preto e teto de vidro transparente para que o calor do sol evapore a água	Menor geração de rejeito.	- Requerimento de áreas muito grandes. - Alto custo de produção.
Osmose reversa (Glueckstern; Priel, (1996), Naveg,-Israel)	Passagem de uma solução salina por uma membrana semipermeável exercida por uma forte pressão.	Baixo custo de produção.	- Alta geração de rejeito.

Fonte: Autor (2019).

Para Soares (2006) o retorno do rejeito ao mar seria ideal, considerando o poder de diluição dos oceanos, porém, é conveniente considerar a fragilidade de cada ecossistema. O Mar Vermelho, conforme Hoepner e Latteman (2002) é mais sensível à emissão da água residuária proveniente da dessalinização, pois se trata de um corpo d'água semifechado, caracterizado pela troca limitada de água com o oceano aberto e também pelo frágil habitat biológico.

Einav et al. (2002) atestam que os prejuízos aos ecossistemas marinhos se devem não só à alta concentração do efluente, como também, a presença de compostos químicos que podem ser necessários ao pré-tratamento da água. Einav e Lokiec (2003) reiteram que além do impacto negativo sobre a vida marinha, os principais danos ambientais da dessalinização de águas marítimas por OR são: prejuízo ao uso do solo do litoral, poluição decorrente do aumento do uso de energia e poluição de aquíferos (se houver vazamentos nas tubulações).

Complementando o quadro 1 Ong et al. (1995) asseveram que os tanques de evaporação, concentram o rejeito e consequentemente, aumentam a concentração de elementos como selênio, boro e metais pesados tóxicos. A fim de minimizar este problema surgem as iniciativas com os testes em modelos para evaporadores de camada arenosa propostos por Glenn et al.(1998) e (GLENN et al., 1998) e o secamento em evaporadores ou tanques de solarização sob condições controladas mencionado por Hayes e Kipps (1992). (Hayes e Kipps, 1992).

Mickley (2004) explica que nos Estados Unidos da América (EUA), o rejeito vem sendo encaminhado para diferentes ambientes: 41% para águas superficiais, 31% para os esgotos, 17% em poços profundos, 2% jogados diretamente no solo, 2% em tanques de evaporação e 7% através de alternativas. Entretanto, a partir da preocupação com o impacto negativo que o efluente pode causar, Mickley (2004) mostra novas tendências como solução de descarte, dentre elas: a diminuição das destinações para os rios, esgotos e solos; aumento das destinações para os oceanos, poços profundos e tanques de evaporação e cristalização de sais e utilização para irrigação de culturas ou vegetação, se em pequenos volumes (até 4 m^3). Ainda conforme este autor, esta última requer muita disponibilidade de terra e normalmente, é misturada com água para causar uma redução da salinidade.

Amorim et al (2004) relatam que na Califórnia, pesquisas avaliam a viabilidade do uso do rejeito em sistemas construídos para serem o habitat de pássaros, peixes e plantas (“wetlands”).

Na esfera Brasileira, igualmente ao que ocorre mundialmente, as técnicas empregadas variam conforme as características locais, haja vista que o nosso país possui uma extensão territorial bastante extensa e, consequentemente, culturas, climas, e poder econômico distintos. Fato que limita a viabilidade de desenvolvimento e utilização das tecnologias desenvolvidas pelos pesquisadores.

Estudos realizados por Amorim et al. (1997) e Pessoa (2000) constataram a salinização e problemas de erosão no solo, devido ao descarte indevido do rejeito nas localidades de Petrolina, Estado de Pernambuco, e no Estado do Ceará, respectivamente.

Pinheiro e Callado (2005), ainda no Estado Cearense, verificaram, considerando 79 comunidades com dessalinizadores em operação, que apenas 20% aproveitavam os rejeitos, mesmo sem conhecimento técnico-científico ou econômico, utilizando-o para lavagem de roupa e automóveis.

Amorim et al. (2004) reforçam que estes resíduos possuem potencial para contaminar mananciais, solo e a fauna e flora da região e poderão ser transportados pela ação dos ventos ou pela água de escoamento superficial e salinizar a água de áreas próximas. Para minimizar este problema, os autores sugerem o uso da evaporação solar para a cristalização dos sais dissolvidos, pois este reduz o volume das águas residuárias e os transforma em produto sólido, facilitando desse modo, o seu manuseio e reduzindo o contato com o solo; e a criação da Tilápia koina (Oreochromis sp.), porque estas podem ser cultivadas com alta qualidade com relação ao sabor, aparência do peixe e bom valor nutritivo.

Soares (2006) cita as seguintes tecnologias desenvolvidas para o reaproveitamento do resíduo; criação de camarão (Panaeus vannamei) desenvolvida por um grupo de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e cultivo de espécies halófitas, dentre as quais, a erva-sal (Artriplex nummularia). Esta por ser originária de regiões áridas consegue produzir e manter abundante fitomassa, mesmo em ambientes de alta aridez e salinidade e com baixo volume de precipitação.

Em Ibimirim, no Estado de Pernambuco, Santos et al. (2010) avaliaram o aproveitamento da água salobra subterrânea e do rejeito da sua dessalinização no cultivo hidropônico de duas variedades de alface (Vera e AF-1743). Os autores verificaram que o primeiro foi eficiente e satisfatório, enquanto o segundo proporcionou baixas produções e sintomas foliares que não justificariam seu aproveitamento comercial.

Na cidade de Mossoró, no Estado do Rio Grande do Norte, Dias et al. (2010) desenvolveram uma pesquisa para avaliar a produção hidropônica de melão rendilhado e concluíram que a água residuária diluída ou não com água de abastecimento, pode ser utilizada no cultivo com reduzidas perdas no rendimento dos frutos.

No município de Ribeirão Preto, São Paulo, Ribeiro et al. (2016) estudaram a possibilidade de reutilizar a água do rejeito e a sobra da água permeada proveniente de um sistema de OR, da unidade de hemodiálise do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP-USP) e obtiveram como resultado que é possível reutilizar a sobra de água permeada diretamente na caixa central do HCRP-USP, pois esse procedimento não altera a qualidade da água de abastecimento do hospital. Por outro lado, as análises executadas para o rejeito mostraram que o mesmo tinha uma quantidade elevada de bactérias heterotróficas, o que impossibilitava a sua utilização na mesma caixa de abastecimento.

Assim, segue uma análise com as tecnologias mais frequentes utilizadas em nível brasileiro, que de forma sintética são explicitadas no Quadro 2 com as suas vantagens e desvantagens, conforme publicado pela comunidade acadêmica.

Quadro 2. Tecnologias de dessalinização no Brasil com suas vantagens e desvantagens.

Tecnologia	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Descarte do rejeito no solo (Amorim et al. (1997) Petrolina – PE)	Efluente lançado diretamente no solo.	Rápido descarte	Salinização do solo; Erosão do solo.
Descarte do rejeito no solo (Pessoa (2000) Ceará)	Efluente lançado diretamente no solo.	Rápido descarte	Salinização do solo; Erosão do solo.
Reutilização do concentrado (Pinheiro e Callado (2005) Ceará)	Reutilização para lavagem de roupa e automóveis.	Reaproveitamento do resíduo.	Após a lavagem o efluente continua sendo descartado sem tratamento prévio.
Cultivo hidropônico de alface (Santos et al. (2010) Ibimirim – PE)	Utilização de-água salobra subterrânea e do no cultivo de alface Vera e AF-1743.	Cultivo de alface Vera eficiente e satisfatório	Cultivo de alface AF-1743 com baixa produção e sintomas foliares sem aproveitamento comercial.
Produção hidropônica (Dias et al. (2010) Mossoró – RN)	Produção hidropônica de melão rendilhado	Água residuária diluída ou não com água de abastecimento pode ser utilizada no cultivo com reduzidas perdas no rendimento dos frutos.	Pequenas perdas no rendimento dos frutos.
Reutilização do rejeito para abastecimento de Hospital (Ribeiro et al. (2016) Ribeirão Preto – SP)	Reutilização de água do rejeito e a sobra da água permeada proveniente de um sistema de Osmose Reversa, da unidade de hemodiálise do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP-USP)	Reutilização da sobra de água permeada diretamente na caixa central, sem alterar a qualidade da água de abastecimento do hospital.	Rejeito com quantidade elevada de bactérias heterotróficas, o que impossibilitava a sua utilização na mesma caixa de abastecimento.

Fonte: Autor (2019).

No Quadro 3 são elucidadas as diferentes tecnologias utilizadas em território paraibano para a utilização desta água salobra que na maioria das localidades é encontrada imprópria para

consumo, a menos que seja realizado um tratamento prévio. Neste nível, já não são encontradas tecnologias tão diversificadas pois a realidade ambiental e econômica é praticamente a mesma nas diferentes cidades do Estado.

Quadro 3. Tecnologias de dessalinização na Paraíba com suas vantagens e desvantagens.

Tecnologia	**Descrição**	**Vantagens**	**Desvantagens**
Osmose Reversa (Alves et al. (2015), São João do Cariri)	Através da aplicação de uma pressão maior que a osmótica, o solvente passa pela membrana, agindo como barreira de fluxo aos solutos, resultando na separação do solvente e dos solutos.	- Composição química dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira; - Alternativa de abastecimento por tratamento com membranas, possibilitou a permanência dos moradores rurais, evitando a prática de emigração em busca de qualidade de vida.	- Os resultados das amostras da água do poço e do rejeito apresentaram características salinas, contribuindo para incrustação nas membranas, sendo necessária a observância destas análises para pré-tratamentos químicos e/ou físicos.
Uso do rejeito nas atividades domésticas, carnicultura, psicultura e cultivo hidropônico. (Alves (2013), Boa Vista)	Elaboração de ações de conscientização socioambiental para orientar a população rural sobre os problemas ambientais causados pelos resíduos e ensinar técnicas de reuso do efluente com menos impacto ambiental.	- Conscientização socioambiental da população quanto ao uso do sistema de dessalinização e o aproveitamento sustentável do rejeito.	- Constatada contaminação de 73,3% das amostras de água por *E. coli*.
Estoque de água pós processo de dessalinização (Lima et al. (2015), São João do Cariri)	Análise físico-química das amostras	- Água resultante do processo de dessalinização dentro dos padrões de potabilidade.	- Nos locais onde a água era estocada em material de alumínio, o elemento foi transferido para o fluido.
Osmose inversa (Silva (2008), São João do Cariri)	O estudo do desempenho de um sistema de dessalinização associado aos dados sobre a qualidade dos efluentes proporcionou o desenvolvimento de um mecanismo para	- O funcionamento do sistema pode ser aplicado para produção de águas com diferentes concentrações de sais; - Reutilização de 37,5% da produção do rejeito.	- Devido à alta taxa de incrustação serão necessários futuros tratamentos químicos para água de alimentação.

	a produção de águas com concentrações de sais variadas para dar suporte à aplicação do concentrado no desenvolvimento de hortaliças e algas.		
Osmose reversa (Silva et al. (2009), São Joao do Cariri e Campina Grande)	Avaliação da capacidade de incrustação, a partir de experimentos com águas oriundas de diferentes fontes de alimentação de sistemas de dessalinização.	- Constatação da necessidade de pré-tratamentos químicos e físicos para minimizar o potencial de precipitação de sais e substâncias orgânicas nas membranas. - Verificou-se que o índice de densidade de sedmentos é um teste rápido e eficaz na garantia da necessidade de pré-tratamentos.	- O índice de saturação de languelier (ISL) não determinou, em todos os casos, possíveis potenciais de incrustação por materiais biológicos e orgânicos.
Eletrodiálise, Evaporação Multi-Flash e Osmose reversa (Sousa et al. (2014), Santa Inês)	Comparação entre as principais técnicas de dessalinização para água salobra, para determinar a tecnologia mais adequada às características do município com a finalidade de propor a implantação de um sistema de dessalinização e purificação de água.	- Osmose reversa é o método mais eficiente, menos trabalhoso e oneroso; - O rejeito proveniente da OR é mais fácil de manusear.	- A eletrodiálise e evaporação multi-flash são menos eficientes e mais trabalhosas e onerosas quando comparadas com o método da osmose reversa.
Cultivo de *Chlorella sp*. em concentrado de dessalinização (Matos et al. (2015), São Joao do Cariri)	Análise da produtividade em biomassa (PB) e lipídica (PL) da microalga Chlorella sp. ao longo dos ciclos de cultivo.	- Opção atrativa para o desenvolvimento de complementos nutricionais e alimentação animal em virtude, do alto teor de proteínas.	- Não encontradas.
Osmose reversa (Silveira et al. (1998), Caturite)	Avaliação do desempenho das membranas para	- A pressão aplicada pode contribuir no aumento da	- A pressão aplicada pode contribuir de forma negativa para

	solução de cloreto de sódio ou água salobra, concentrado e o permeado.	recuperação do permeado.	o consumo de energia do sistema.

Fonte: Autor (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à crise hídrica enfrentada, a perfuração de poços no Brasil tem sido feita em discrepância com os critérios ambientais e sanitários. Entretanto, especial atenção deve ser dada a água residuária, resultante do processo de dessalinização, pois o rejeito com alta concentração de sais, decorrente da osmose reversa, tem restrições de uso e sua inserção direta no solo provoca salinização, contribuindo na intensificação do processo de desertificação do mesmo.

Somente a dessalinização não é capaz de incluir a água sob os parâmetros de potabilidade, mas pode ser uma grande aliada junto às etapas de tratamento da mesma e existem duas alternativas para a minimização dos impactos negativos causados pelo resíduo proveniente da dessalinização; o correto lançamento ao meio ambiente e seu reaproveitamento através da utilização dos métodos que vêm sendo desenvolvidos pelos pesquisadores.

Em nível internacional as tecnologias mais utilizadas são os tanques de evaporação, osmose reversa, “wetlands”, entretanto, a que se destaca é a emissão no oceano, mesmo já existindo diversos estudos comprovando os prejuízos que este progresso pode causar.

No âmbito nacional outras tecnologias se tornam mais recorrentes como os cultivos de espécies halófitas, sistemas hidropônicos, criação de Tilápia Koina e osmose reversa. Estas se assemelham às utilizadas na esfera paraibana com prevalência da OR por se tratar de uma técnica que exige menor custo.

REFERÊNCIAS

ALVES, I. M. **Sustentabilidade socioambiental dos sistemas de dessalinização de águas salobras implantados no município de Boa Vista na região semiárida da Paraíba**. Campina Grande – PB, 2013.

ALVES, R. V.; FERNANDES, M. S. M.; LIMA, S. A.; COSTA, T. S.; FRANÇA, K. B.. **Qualidade da água consumida pelos moradores do semiárido paraibano após**

dessalinização. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.6, n.1, p.222-245, 2015.

AMORIM, M. C. C.; JUNIOR, L. G. A. S.; PORTO, E. R. **Efeito de sais no solo provenientes de rejeitos da dessalinização por osmose inversa no semiárido Pernambucano**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola; 26, 1997, Campina Grande. SBEA, 1997.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. J.; SILVA , L. G. J. **Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápia koina (Oreochromis sp.).** http://www.cepis.ops-oms.org/indexpor.html. 10 Jul. 2004.

ANA- Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas do Brasil**. Brasília, 2005.

ANDERS, C. R.; SANTOS S. J. S. A.; DIAS N. S.; MELO M. R. S. **Qualidade e impactos causados pela destinação do rejeito da dessalinização da água salobra no oeste potiguar**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, Campina Grande – PB, 2015.

ARAUJO, F. A. A. **Desempenho de uma torre multiestágios para um dessalinizador controlado a energia elétrica**. Fortaleza – CE, 2016.

BEZERRA, E.B. N.; RÊGO, R. L. C. M; SILVA, I. A.; MEIRA, C. M. B. S.; OLIVEIRA, R. **Impactos da destinação do rejeito da dessalinização de água subterrânea em uma comunidade de Juazeirinho-PB**, In I Congresso Internacional da diversidade do semiárido, Campina Grande-PB, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2012. Disponível em:<http://portal.saude.gov.br>, 2012. Acesso em 27 de março de 2017.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, v.20, p.67-82, 2006.

DIAS, N. da S.; LIRA, R. B. de; BRITO, R. F. de; NETO, O. N. de S.; NETO, M. F.; OLIVEIRA, A. M. de. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Águas Subterrâneas**, v.14, n.7, p. 755-761, 2010.

EINAV, R.; HAMSSIB, K.; PERIYB, D. **The footprint of the desalination processes on the environment. Desalination**, Amsterdam, v.152, n.1-3, p.141-154. 2002.

EINAV, R.; LOKIEC, F. **Environmental aspects of a desalination plant in Ashkelon. Desalination**, Amsterdam, v. 156, n.1-3, p. 79-85. 2003.

GLENN, E. P; THOMPSON, T. L.; MIYAMOTO, S. **Halophyte crops and a sand-bed solar concentrator to reduce and recycle industrial, desalination and agricultural brines**. Tucson: United States Department of the Interior. 78p. 1998b. Desalination Research and Development Program Report N. 35.

GLUECKSTERN, P.; PRIEL, M. **Optimized brackish water desalination plants with minimum impact on the environment**. Desalination, Amsterdam, v.108, n.1-3, p.19-26. 1996.

HAYES, D.; KIPPS, J. **Salt-gradient solar ponds from concentrated subsurface agricultural drainage waters of the San Joaquin Valley, California**. Desalination, Amsterdam, v. 88, n.1-3, p.301-309. 1992.

HOEPNER, T.; LATTEMAN, S. **Chemical impacts from seawater desalination plants: a case study of the northern Red Sea**. Desalination, Amsterdam, v.152, n.1-3, p.133-140, 2002.

LIMA, S. A. de; ALVES, R. V.; FERNANDES, M. S.; VENUTO, R. de F.; FRANÇA, K. B. **Controle físico-químico de recursos hídricos para diferentes tipos de armazenamento de água dos moradores no semi-árido da Paraíba**. In: II Workshop internacional sobre água no semiáriso brasileiro. Anais. Campina Grande – PB, 2015.

MATOS, A. P.; MORIOKA, L. R. I.; SANT'ANNA, E. S.; FRANÇA, K. B. **Teores de proteínas e lipídeos de *Chlorella* sp. Cultivada em concentrado de dessalinização residual**. Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.2, p.364-370, 2015.

MICKLEY, M. C. **Membrane concentrate disposal: practices and regulation**. Denver: U.S. Department of the Interior. (Desalination and Water Purification Research and Development Program Report No.69). Http://www.usbr.gov/pmts/water/media/pdfs/report069.pdf. 10 de jul. 2004.

ONG, C.; TANJI, K.; DAHLGREN, R.; SMITH, G.; QUEK, A. **Water quality and trace element evapoconcentration in evaporation ponds for agricultural waste water disposal**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.43, n.7, p.1941-1947. 1995.

PESSOA, L. C. C. **Análise de desempenho e do impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa**. Dissertação Mestrado. Fortaleza: UFC, p.94, 2000.

PINHEIRO, J. C. V.; CALLADO, S. M. G. **Avaliação de desempenho dos dessalinizadores do Ceará.** Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 36, nº1, jan-mar. 2005.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; SILVA, L. G. A. J. **Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (Atriplex nummularia).** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.5, n.1, p.111-114, 2001.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; ARAÚJO, O. J.; JÚNIOR, L.G. A. S. **Aproveitamento dos rejeitos da dessalinização**. In: Simpósio sobre captação de água de chuva no semiárido brasileiro, 1., 1997, Petrolina. A captação de água de chuva: base para viabilização do semi-árido brasileiro. Anais. Petrolina: Embrapa Semi-Árido/IRPAA/IRCSA,. p.51-57, 1999.

RIBEIRO, L.; SANCHES-PAGLIARUSSI, M; RIBEIRO, J. **Reutilização da sobra de água permeada e de rejeito de uma central de tratamento de água por osmose reversa de uma uniade de hemodiálise hospitalar**. Brazilian Journal of Biosytems Engineering, v. 10(3), p. 259-272, 2016.

RILEY, J. J.; FITZSIMMONS, K. M.; GLENN, E. P. **Halophyte irrigation: an overlooked strategy for management of membrane fraction concentrate. Desalination**, Amsterdam, v.110, n.3, p.197- 211. 1997.

SANTOS, A.N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.961-969, 2010.

SILVA, S. K. da. **Sistema de dessalinização da comunidade de Uruçu – São João do Cariri – PB: Análises, monitoramento e avaliação de um misturador para o uso do concentrado**. Campina Grande- PB, 2008.

SILVA, S. K. da.; MONTEIRO, G de S.; SILVA, J. N.; FERREIRA, W. B.; FRANÇA, K. B. **Estudo do índice de densidade de sedimentos em águas oriundas de poços tubulares aplicadas a sistemas de dessalinização via osmose inversa**. Goiânia – GO, v.5, n.8, 2009.

SILVEIRA, A. P. P.; NUVOLARI, A.; DEGASPERI, F. T.; FIRSOFF, W. **Dessalinização de águas**, São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SILVEIRA, M. C.; FRANÇA, K. B. **Avaliação do desempenho de um sistema de dessalinização via osmose inversa para águas salobras**. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo – SP, 1998.

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.730–737, 2006.

SOUSA, Y. M. M. de; FERREIRA, E. G.; FIGUEIREDO, C. F. V. de; VASCONCELOS, G. C. **Tecnologia para tratamento de água salobra: estudo do caso de Santa Inês – PB**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, Teresina – PI, 2014.

“A CIÊNCIA ONÍVORA”: UMA CONSTRUÇÃO CIENTÍFICA EM SALA DE AULA NO CURSO DE FÍSICA DO CFP/UFCG

Isamarc Gonçalves Lôbo[1]
Rafael Dalyson dos Santos Souza [2]

RESUMO

O presente trabalho aborda o processo de construção científica. Para entender como se dá este processo nos apropriamos dos pressupostos da ANT (Actor-Network Theory) que busca no curso da ação descrever como ocorre essa construção. Este campo pertencente aos estudos de humanidades científicas entende construção como a mobilização, tanto de não-humanos, humanos, e vice-versa, quanto de conceitos, para a construção de fatos. Esta compreensão congrega-se a “Ciência Onívora”, por nós definida, que se dedica a reunir os híbridos (misturas entre não-humanos e humanos), recortados pelos “carnívoros” e os “vegetarianos”. Para retirarmos dados, realizamos uma observação etnográfica curta, numa turma de Física no CFP/UFCG, para entendermos como se dá esta mobilização e esta construção. A etnografia simétrica portanto calca a pesquisa onívora, na medida em que a Antropologia abre mão das divisões binárias *a priori*, entre humanos e não-humanos, para infiltrar-se no campo das duas, reunindo-as. A partir das observações constatamos que na turma o ensino e a pesquisa são facetas tratadas como teatro, já que os alunos devem fingir que estão na escola básica e os colegas devem fingir que são alunos do ensino básico, assim também os resultados são previamente conhecidos, apenas estimulando a sua reprodução. A experiência é marionete do professor que diz o que está certo ou errado, e os fatos (conceitos, fórmulas) são entendidos como resultados dados absolutos, ignorando, ou apagando da cena, as intromissões humanas ou desviantes do processo.

Palavras-chave: Ciência Onívora, ANT, etnografia, construção científica, humanidades científicas.

INTRODUÇÃO

A cultura como prática social dar-se em múltiplos espaços, instancias, modos. Sua complexidade seria a da própria sociedade que lhe gera e por ela é moldada. Uma questão inicial aqui posta é: seria estranho misturar cultura com ciência? A primeira impressão é que seriam dimensões distintas como o são os elementos da água e do óleo. Mas a que se deve isso? Naturalmente, perguntas como essa levam o leitor a perguntas ainda mais complexas, tais como: o que é cultura e o que é ciência? Quais os lugares de produção de ciência e de

[1] Autor. Docente da Unidade Acadêmica de Ciências Sociais do Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande; doutorando em História Social pela USP através do Convênio Dinter USP/UFCG. isamarlobo@gmail.com ou isamarclobo@usp.br.

[2] Coautor. Graduando do Curso de História da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG. rafadalyssson@gmail.com.

cultura? Nosso primeiro desafio será mapear onde se encontram a cultura e a ciência; o segundo será uni-las, através de uma experiência etnográfica de curta duração desenvolvida numa turma no curso de Física do Centro de Formação de Professores (UFCG) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) realizada no semestre letivo 2019.1.

Adotamos o conceito de "Ciência Onívora" para resumir esta compreensão de cultura e ciência, estudada primordialmente pelos pesquisadores da ANT (Actor-Network Theory), entre eles Bruno Latour (1997, 2001) e Michel Callon (1995). Os estudos da ANT se enquadram nos estudos da História da Ciência e da Técnica, abordando os não-humanos como atores junto aos humanos, e seguindo a rede (o Network da sigla) até onde ela guiar. Os não humanos seriam uma das expressões da cultura aqui analisada.

A experiência etnográfica que aqui apresentamos segue o princípio da "Ciência Onívora" de não limitarmos a uma abordagem puramente científica ou puramente sociológica os seus eventos. Na disciplina de "Prática do Ensino de Física no Ensino Fundamental", do curso de Física do CFP, acompanhamos experimentos científicos em sala de aula, constatamos a dupla ação: tanto dos não-humanos que mobilizam outros não-humanos, quanto dos humanos que mobilizam não-humanos para conceitua-los. Aliado a isso, questões subjetivas, de ordenamento da sala, de estruturação das experiências na forma de seminários, revelaram um tipo de construção científica específica. Aqui, "ideologia" e "objetividade" são "quadrados do mesmo quadrado", pois, ao contrário dos que as separam, só enxergamos híbridos[3] quando os vemos em sua totalidade.

ONDE ESTÁ A CIÊNCIA? UMA EXPERIMENTAÇÃO NA OBRA DE HANS STADEN

Retiramos do livro "Viagem ao Brasil" de Hans Staden (1930, p. 35, grifos nossos) o seguinte trecho

> Como percebessemos que nos havia de faltar mantimento, saimos em dois barcos por um logar chamado Tamaraka a buscal-o. Os selvagens, porém, tinham *atravessado grandes troncos de arvores no rio e se prostaram muitos delles nas duas margens*, com o intuito de impedir a nossa viagem.

[3] Por híbridos, seguindo Latour (1994, p. 53), entendemos a simbiose entre coisas, conceitos e homens. Uma máquina digital, por exemplo, só é um híbrido em sua ação coordenada pelo homem; um avisão não tripulado é um híbrido se e apenas se tiver sido programado pelo homem.

> Forçámos, porém, a tranqueira e ao meio dia, mais ou menos, estavamos de volta sãos e salvos. Os selvagens nada nos puderam fazer nas embarcações; *arrumaram, porém, porção de lenha entre a margem e os barcos, a que deitaram fogo, a vêr si os incendiavam, e queimavam uma especie de pimenta, que lá cresce, com o fim de nos fazerem abandonar as embarcações por causa da fumaça*. Mas não foram bem sucedidos e, enquanto isso, cresceu a maré e nós voltámmos. Fomos a Tumaraká, onde os habitantes nos forneceram os mantimentos.

Staden descreve com detalhes os passos seguidos naquilo que podemos chamar de *experimento* dos "selvagens". Primeiro, eles tentam parar o barco com troncos; segundo ateiam fogo em plantas de pimenta. O objetivo era parar os "homens brancos". Eles apenas usaram métodos diferentes. Mas porque este exemplo não nos parece inicialmente *científico*, tal qual observamos nos laboratórios? Definitivamente as florestas da costa brasileira do século XVI não se parecem com um laboratório moderno. Mas é só o aspecto físico que os distanciam? É preciso fazer duas tarefas: a de adentrar num laboratório preâmbulo da produção científica, e a de tentar ir além da obra de Staden, para aproximá-las.

Bruno Latour (1997, p. 195) no livro "A vida de laboratório: e a produção dos fatos científicos" (1997) conclui, entre outras coisas, que a função dos laboratórios por ele observado é a da produção de fatos, através da construção social de enunciados e dos mecanismos para eliminar a sua construção. Quanto aos indígenas, no relato de Staden, o que parece é que já conheciam o efeito da fumaça de pimenta queimada. É impossível dizer quando eles descobriram esta função, mas fazer um percurso imaginário não é: provavelmente em algum momento a pimenta queimou "sozinha" na natureza e os indígenas sentiram seus efeitos asfixiantes. Neste momento, estabeleceu-se a construção de um fato: a de que a pimenta queimada gera incomodo. Não se trata do laboratório moderno, mas houve ali uma produção de conhecimento entre os indígenas, e a combinação de não-humano e humano resultou num híbrido. Temos o nosso "spray-de-pimenta" por assim dizer.



Figura 1. Indígenas tentando parar a embarcação em que Hans Staden estava em viagem ao Brasil
Fonte: Quadro retirado da obra "Viagem ao Brasil" de Hans Staden (1930)

Assim como no laboratório moderno, no cotidiano indígena há a construção do fato da "fumaça de pimenta", que, pelo relato de Staden, parece demonstrar um conhecimento sedimentado, a experiência que não deu certo. Tanto no laboratório quando na selva vemos o nascimento de fatos, que podem ser considerados construídos tanto subjetivamente como objetivamente, na qual as técnicas e os objetos fazem, ambos, parte da vida/cultura dos grupos envolvidos.

A palavra construção, definida por Latour em "A Esperança de Pandora" (2001, p. 154) evoca a mobilização tanto da parte humana como da não-humana. De fato, ambos agem e convivem entre si. Não podemos ignorar que os cientistas do laboratório disputam entre si em guerras subjetivas até atingirem o fato e afirmarem, ao final, toda a sua objetividade. Da mesma forma, não podemos negar a objetividade que está presente na produção de um "spray-de-pimenta" pelos indígenas, ainda que ao final eles decretem que foram os deuses que o fabricou. É preciso unir realistas e construtivistas.

Quando se leva em conta o que é dito no cotidiano do laboratório, se constata que não pode ser verdade que os cientistas não produzem cultura (mas não iremos dizer que seja uma "cultura culta", que é aceita pelo "povo", ou que, versão oposta, que é manipulada por eles, porque eles são como bestas)[4]. Mas por que não enxergamos cultura na ciência? O que nos levou a ver, índios e cientistas, tão opostos? Talvez precisamos resgatar o conceito de cultura.

[4] Ao contrário de Bosi (1992), entendemos que o "mundo do receituário" assim por ele chamado não se delimita e é criado pela "cultura popular", mas ao contrário, faz parte de um processo em si científico, que é o de tradução, ou seja, os cientistas precisam se fazer entender, precisam entender a natureza, e entender a si próprios.

ONDE ESTÁ A CULTURA? RENÉ DESCARTES E OS ONÍVOROS

A frase "Penso logo existo", retirada do livro "Discurso do Método" (1996) de René Descartes é bastante conhecida principalmente no meio acadêmico. Este clássico contém, entre outras coisas, uma aula de como observar os detalhes do funcionamento das artérias e do coração[5] e a prova da existência de Deus[6].

Majoritariamente, Descartes é chamado por pessoas que querem exaltar a cientificidade; o seu rigor, e os seus métodos. A estes iremos chamar de *vegetarianos* por ficar ali no trivial do pensamento do autor, sem relacionar lé com cré. Uma outra parte dos estudiosos irá dar atenção ao "contexto" de Descartes: irão analisar as cartas que ele escreveu, afirmando temer pela condenação de Galileu perante a Igreja, para assim evidenciar a sua relação com a espiritualidade, com a religião de seus pais e a influência que estes tiveram sobre ele[7]. Tudo isso visa responder a seguinte pergunta: o que fez de Descartes "um homem de seu tempo"? Para eles, a palavra cultura remete ao mundo imaginário humano. No máximo, eles irão citar que Descartes era cientista, e irão alertar para a "contradição" em Descartes acreditar em Deus. A estes iremos chamar de *carnívoros* seres que aprofundam a pesquisa, mas limitam sua visão a poucos aspectos do pensamento do filósofo.

Ambos irão dividir a obra de Descartes em vários compartimentos ou em caixinhas. O trabalho dos onívoros, ao contrário, leva-os a fusão de todas as partes outrora separados pelos vegetarianos e pelos carnívoros. Fazendo isso, os onívoros reatam o conceito de cultura[8]: não só humanos, nem só não-humanos, mas a mistura de ambos. A tarefa aqui é recompor os

---

[5] Descartes (1996, p. 53) pede aos "não versados" em anatomia que cortem diante deles o coração de algum animal de grande porte, pela semelhança que possui com o homem, e que tenha pulmões. Em seguida, Descartes detalha dados a serem observados: duas câmeras ou concavidades, a veia cava... e passa a definir a função de cada uma.

[6] Descartes (1996, 49) enxerga a existência de Deus com base na analogia da perfeição dos ângulos de um triângulo.

[7] Há uma pequena biografia de Descartes na versão do "Discurso do método" da edição da Martins Fontes. Para isso, ver: DESCARTES, René. Discurso do método. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

[8] Adotamos o conceito de Clifford Geertz de cultura, apresentado por ele na obra "A interpretação das culturas" (2008, p. 4) "[...] o homem é um animal amarrado a teias de significados que ele mesmo teceu, assumo a cultura como sendo essas teias e a sua análise; portanto, não como uma ciência experimental em busca de leis, mas como uma ciência interpretativa, à procura do significado. " Adaptando a frase de Geertz podemos afirmar que a cultura é uma teia de significados tecidos tanto por humanos como por não-humanos.

agentes, não determinando se o humano domina os não-humanos, ou vice-versa, mas entendendo-os como híbridos, agentes produtores de fatos.

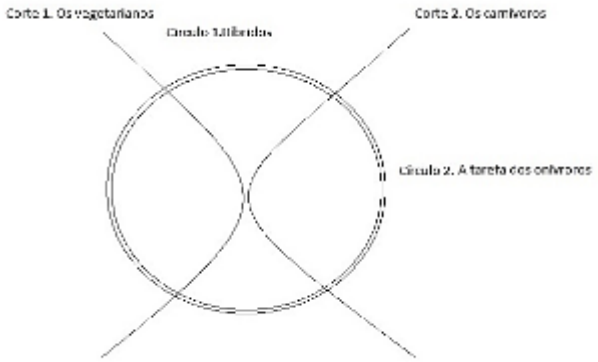


Figura 2 A tarefa dos onívoros

Como visto, há uma separação entre cultura e ciência pelos especialistas de cada área. O onívoro, ao contrário, afirma haver ciência na cultura e cultura na ciência. Mas que tipo de cultura os cientistas produzem? Ao mesmo tempo, que tipo de ciência eles produzem? Para tentar responder a estas perguntas o pesquisador onívoro foi a campo para observar como funciona a produção científica.

METODOLOGIA

Agora que conseguimos compreender a tarefa dos onívoros, já podemos suficientemente observar um espaço de produção científica analisando as suas especificidades. Os objetivos aqui seguem os de Michel Callon, em seu artigo "Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Brieuc": "[...] o agnosticismo do observador para incluir também as ciências sociais" (CALLON, 1986, p. 262); "[...] explicar os pontos de vista e argumentos concebidos em uma controvérsia científica ou tecnológica nos mesmos termos, uma vez que sabemos que os elementos das controvérsias são uma mistura de considerações sobre a natureza e a sociedade. (CALLON, 1986, p. 262, tradução livre) e por último "[...] toda a distinção a priori entre eventos naturais e sociais [rejeitando] as hipóteses de um limite

definido que as separa.” (CALLON, 1986, p. 262, tradução livre). Tais objetivos são os que o autor segue na análise da rede das vieiras em seu célebre artigo.

A observação aconteceu numa turma do curso de ensino superior de Física do CFP/ UFCG, na disciplina de “Prática do Ensino da Física no Ensino Fundamental”. Trata-se de uma metodologia experimental por misturar anotações das falas dos participantes, mas também ações tanto dos humanos quanto dos não-humanos. Os relatos que se seguem são parte das observações feitas.

DESENVOLVIMENTO

Ao iniciar a observação, o pesquisador[9] percebeu que o professor havia pedido aos alunos da disciplina que agissem como professores de ensino fundamental com os seus colegas de ensino superior, e que os seus colegas também agissem como alunos de ensino fundamental. Nas aulas observadas ocorre a apresentação de dois seminários: cada seminário era composto por uma dupla. Cada dupla tinha que “fingir” estar dando uma aula para alunos de ensino fundamental, ao mesmo tempo em que dava a aula com base num tema previamente escolhido.

Em geral, a sala ficou organizada com cadeiras enfileiradas, reproduzindo a si mesma. O professor sentou-se sempre na primeira fileira, no sentido contrário ao da porta da sala de aula, quase sempre na primeira cadeira, o que indica uma posição privilegiada na sala.



Figura 3 O professor assiste ao experimento realizado pelos alunos. Fonte: arquivo pessoal do autor

[9] A partir de agora utilizaremos este termo para se referir especificamente ao pesquisador que realizou as observações etnográficas, no caso, o estudante de História do CFP/UFCG Rafael Dalyson dos Santos Souza.

Além disso, ele também avaliou as apresentações, o que faz dele um espectador ativo. Os apresentadores estão submetidos ao docente. O que constitui a primeira diferença entre um laboratório e uma sala de aula: no primeiro a presença de um "líder" serve para coordenar a experimentação, sendo que ele também não sabe o que pode acontecer (não excluindo que os cientistas de laboratório possuam uma hipótese); já na sala de aula há alguém que sabe o que pode e o que não pode acontecer.



Figura 4 O professor avalia a apresentação da dupla. Fonte: arquivo pessoal do autor.

Durante a avaliação o professor chamou atenção para situações didáticas, sugerindo melhorias, assim como parabenizou quando avaliou como positiva as apresentações, seja a escolha dos experimentos ou a abordagem em si, e fez correções do ponto de vista científico, como no caso de fórmulas e conceitos citados pelos apresentadores. Um destes casos aconteceu quando um dos apresentadores do seminário anotou no quadro que o ouvido humano escuta de "20 htz a 20 hz", afirmando que o som que está abaixo de 20 htz chama-se infrassom, e o que está acima de 22.000 hz chama-se de ultrassom.

Quando chegou o momento da fala do professor, este afirmou que a fórmula que a dupla escreveu no quadro estava errada. Ele disse que era H minúsculo e não maiúsculo, e que pensou que quando um dos integrantes da dupla foi para o quadro iria corrigir o H maiúsculo, mas acabou colocando um T no meio. A turma riu da atitude e um dos integrantes foi até o quadro corrigir.

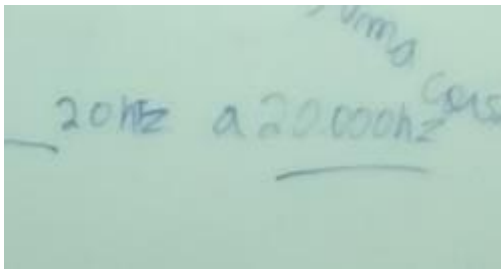


Figura 5 Dados incorretos. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

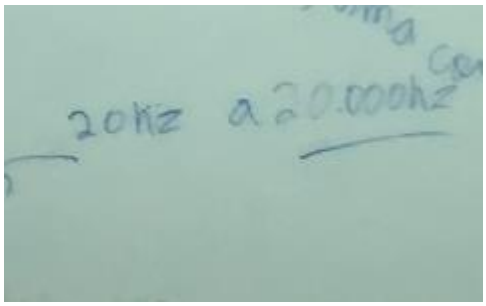


Figura 6 Correção dos dados. Fonte: arquivo pessoal do autor

O fato do professor corrigir os alunos não é exatamente o que chamou a atenção do pesquisador, pois ele já viu casos semelhantes em apresentação de seminário. O que mais chamou a sua atenção foi o fato de que até o momento da fala do professor a "fórmula do som" era de 20Htz a 20.000hz. Quando o professor corrigiu passou a ser de 20hz a 20.000hz. Com a presença do professor, os dados e conceitos são corrigidos *cientificamente*. Mesmo que o professor possa estar equivocado em algum dado, os alunos sairão dali confiantes de que a palavra do professor está correta.

A ESTRUTURA DOS SEMINÁRIOS: A MOBILIZAÇÃO DOS NÃO-HUMANOS

As apresentações consistiram em um conjunto de experimentações e conceitos sobre temas previamente escolhidos. A ordem entre conceitos e experimentos variou de dupla para dupla. No dia 28 de maio a dupla responsável pelo seminário/experimento começou perguntando a definição de luz. Logo em seguida, apresentaram alguns materiais que foram distribuídos aos demais alunos da turma. Os materiais eram: espelhos, lanterna e caixa. Eles dividiram a turma em grupos para colocar um outro objeto para refletir a luz da lanterna, sem dizer como poderíamos fazer isso. Antes de realizarmos o experimento dois dos componentes do nosso grupo diziam saber como iriam fazer para refletir a luz. Depois de tentarmos um pouco conseguimos refletir o objeto no espelho, como na imagem abaixo.



Figura 7 Experimento com laser e espelhos. Fonte: arquivo pessoal do autor.

Como visto nesta apresentação, a definição do termo científico veio a priori para depois realizarem o experimento, supondo que fosse necessário primeiro entender a noção científica para depois "aprender na prática". Em outros casos a definição veio depois do experimento.

Uma outra dupla, no dia 07 de junho, iniciou seu seminário realizando um experimento. Nos introduzem a apresentação chamando a nossa atenção para os copos que estavam sobre a cadeira em frente a sala. Até então aqueles copos não tinham nenhuma função. Então eles começaram a explicar que iriam passar uma colher em seis copos vazios. Perguntou então se todo mundo ouviu o mesmo som, e a sala respondeu que sim. Então os copos foram cheios com quantidade de água diferentes uns dos outros: o primeiro copo com uma colher, o segundo copo com duas colheres… até chegar no copo seis com seis colheres. Depois a colher foi passada novamente nos copos. Ouvi sons diferentes em cada copo na medida em que ele passava a colher. Fomos informados se fossem sete copos seriam as sete notas musicais.

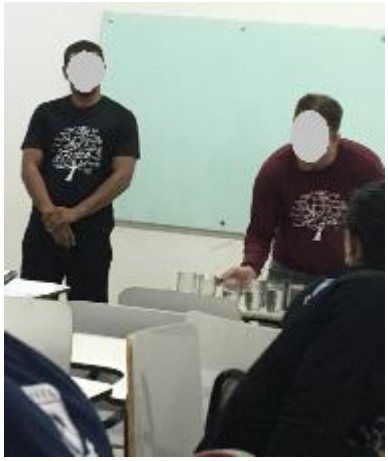


Figura 8 Experimento com copos

A dupla passou então um questionário sobre os experimentos realizados para que os alunos respondessem nos grupos em que estavam. Uma das questões pedia que definisse-mos "som". Um dos alunos da turma respondeu que "O som é aquilo que a gente escuta". Um outro aluno quis contestar a afirmação, dizendo que o som "não é só aquilo que a gente escuta". O apresentador disse então que a definição de som é "uma vibração que se propaga", e aí a "controvérsia" se encerrou.

Percebe-se, com estes dois casos, que embora a ordem entre conceito e experimento varie, a ideia geral é a de traduzir cientificamente coisas cotidianas, seja em fórmulas ou em palavras. Não fica claro exatamente as fontes de onde foram retiradas as informações por eles citadas. Em geral não foi citada qualquer fonte. O que ocorreu algumas vezes foi apontar o descobridor daquele experimento, como ocorreu com uma dupla que apresentou no dia 17 de maio, quando passaram pelos alunos da turma um modelo de um termômetro que teria sido criado por Galileu. Uma das pessoas da dupla afirmou que este termômetro teria sido criado por Galileu com água fervente, mas que o do experimento foi feito por eles foi com álcool e corante. Observa-se, pela imagem seguinte do termômetro, que além de álcool e corante, foi confeccionado com um "canudo" de lápis, e um frasco.



Figura 9 Modelo de termômetro de Galileu confeccionado pela dupla apresentadora. Fonte: arquivo pessoal do autor.

Sobre este termômetro, a dupla explicou que o álcool como substancia inflamável teria a propensão de subir em contato com as mãos humanas em temperatura diferente dele. Questionados pela turma, não souberam dizer se a gasolina, outra substância inflamável, poderia substituir o álcool neste experimento. Eles explicaram que o termômetro caseiro sobe quando a temperatura está acima de fusão. Como demonstrado na foto, o termômetro "subiu" quando toquei a mão sobre ele, o que indica que a minha temperatura estava elevada.

Como observado, a mobilização de não-humanos serve para afirmar conceitos já previamente selecionados pelos alunos. Em geral a dupla que apresenta o seminário/ experimento faz o trabalho do professor, só que limitado: enquanto apresentam, eles possuem a verdade, e contestações aos experimentos trazidos são mal vistas. Os não-humanos presentes nos experimentos traduzem coisas cotidianas: como o som, a luz, as cores. A ideia é reproduzi-las em sala, mostrando a ciência em ação, definindo conceitos ou mobilizando o gozo como parte da aula.

Alguns momentos deixaram mais evidentes aquilo que os carnívoros chamam de "subjetividade". No dia 17 de maio, por exemplo, observei que, como aconteceu nos demais dias, o professor fez sua fala ao final das apresentações e disse que a dupla poderia ter escolhido experimentos melhores. A dupla então afirmou que tiveram dificuldade de encontrarem experimentos. Um dos apresentadores afirmou que foi devido a sua condição de trabalhador que limitava seu tempo para os estudos. Além disso, outra dupla, agora no dia 28 de maio, teve sua apresentação prejudicada pela falta de slide. Um dos componentes pediu que o professor compreendesse, ao longo de sua apresentação, de que isso os impediu de

prosseguir da maneira como eles tinham combinado. Evidentemente, questionamentos levaram a uma influência na avaliação por parte do professor, que através de quesitos como "desenvoltura", "preparo" e "capacidade de improviso" pode ter influenciado no caráter científico ou não do grupo.

HÁ FATOS PARA OS ACERTOS E HÁ FATOS PARA OS ERROS

Nas nossas observações pudemos presenciar alguns momentos em que a subjetividade e a objetividade estavam em disputa ou passivamente ali pairando sobre nossos olhos. A subjetividade apareceu de forma mais direta quando os responsáveis pelos seminários/ experimentações justificaram as falhas por problemas pessoais. Como aconteceu do apresentador justificar as falhas de sua apresentação por causa da jornada dupla que ele leva: de dia trabalho, de noite estudo. Ou quando problemas técnicos interferem na condução da apresentação. Vale lembrar que eles não aconteciam sempre nesta ordem, podendo ocorrer em outras ordens a depender do dia.

Para ser considerado científico pelo professor, tem que se percorrer um processo que aqueles que o alcançaram percorreram. Tal caminho deve ser, obrigatoriamente, contrário ao dos que não deram certo. Aqueles que não se preocuparam com a falta de slide, aqueles que tiveram mais tempo para se prepararem, e aqueles que combinaram as duas coisas tem construído bem a ciência.

A objetividade, destacada pelas nossas observações, é o centro das experimentações/ seminários. Os conceitos, aparecendo antes ou não, traduziam coisas gerais, fórmulas, que dão a entender serem passíveis de reprodução. Quando as duplas mobilizam objetos, elas querem demonstrar algo que já está constatado e pode ser reproduzido. Se houver erro, como aconteceu de um experimento ter funcionado com uns grupos da sala e outros não, cabe à dupla, segundo a fala do professor, questionar os motivos do por quê não deu certo, supondo haver uma resposta pronta para tais razões.

O experimento que deu "mais ou menos certo" foi realizado seguindo as instruções dadas pela dupla que apresentava, sendo composto pelos seguintes materiais: dois CDs, um tubo de papel, dois elásticos, um palito de churrasco, uma porca de parafuso e uma fita adesiva. Para chegar até o modelo final deveria se efetuar um corte no palito em três dedos da

ponta, para fica um pedaço pequeno e um maior, e depois passar o elástico e prender cada uma das pontas com a fita adesiva. Depois teriam que passar os elásticos pelo tubo de papel e pelo segundo cd, e passar o elástico pela porca de parafuso, prendendo o palito maior entre a porca e o elástico. A ideia era que estando pronto, os grupos da sala girassem o palito maior várias vezes, colocando-o em um local plano. Pelas instruções dadas, percebemos que ainda que mesmo todos tendo seguindo todas as instruções, nem todos os materiais foram colocados no "mesmo local", nem todos os elásticos seriam os mesmos, nem todas as amarrações alcançariam o mesmo nível. O resultado não poderia ser o mesmo, ainda que fosse.



Figura 10 Material para o experimento sobre Energia Potencial Elástica



Figura 11 O experimento que deu "mais ou menos" certo

O experimento, assim como os demais, tinha a utilidade de funcionar como "analogia" para dois conceitos: após o final da experiência, a dupla explicou os conceitos de "Energia Potencial Elástica", que é aquela ligada as propriedades de uma mola (neste caso, elas

explicaram que a liga e o material associado a ela funcionaram como uma mola), e "Energia Cinética", que é a associada ao corpo em movimento (neste caso, elas apontaram que ao se movimentar, o material produzia energia cinética). Em sua fala, o professor apontou que as alunas poderiam ter aproveitado o momento para, segundo ele, refletir sobre os motivos de não ter dado certo.

Confrontando as duas situações: conceitos e experiências, percebemos que nestes momentos, fica claro que a Ciência é concebida como "exata", mesmo nos desvios. Quando há desvio, há justificativa, seja ela qual for. Isto constitui o fato, aqui entendido como as causas dos processos naturais. Quando o professor fala para refletir sobre "os motivos de não ter dado certo" subentende-se que há uma maneira de dar certo, e que há explicações até para o erro.

CONCLUSÕES

A disciplina "Prática do Ensino de Física no Ensino Fundamental" caracteriza-se por envolver experimentação com prática didática. Neste curso, tem-se como objetivo aliar a pesquisa (experimentação) ao ensino. A "Observação e análise de situações de ensino" como metodologia funcionou, como dissemos anteriormente, não se sabe se por falta de tempo ou por opção, na própria sala de aula do curso de graduação de Física, o que significou, na prática, a realização de momentos "cênicos", no qual ambos, apresentadores e colegas, fingiam estar numa sala de aula de ensino fundamental. É importante lembrarmos que o CFP (Centro de Formação de Professores), local onde fizemos a observação, é uma instituição de formação de Licenciatura. Assim sendo, entende-se que a formação dada nos cursos se volta a formas professionais para a área de educaçao. Assim sendo, podemos conjecturar algumas conclusões a partir do observado.

Assim, nossa experiência revela que: 1) O ENSINO é uma faceta tratada como teatro, já que os alunos devem fingir que estão na escola básica; os não apresentadores devem fingir que são alunos do ensino básico. A questão é tão complexa, que parte da turma já sabia como resolver o problema da reflexão da luz conforme relato; 2) A PESQUISA é tratada como "teatro", já que já se saberia o resultado, apenas estimulando a sua reprodução. A experiência é marionete do professor que diz o que está certo ou errado, como não poderia deixar de ser já que o objetivo é ensinar na prática, 3) OS FATOS (conceitos, fórmulas) são entendidos como

resultados dados absolutos, ignorando, ou apagando da cena, as intromissões que o fazem não funcionar, ou não responder a fórmula previamente estabelecida (como o material da experiência que não girou). Há fatos para acertos, e há fatos para os erros e 4) OS HÍBRIDOS Como visto, não pudemos separar os âmbitos da ação. Ela é "mixada" por não-humanos, humanos, ideologia, dados, conceitos, subjetividades.

AGRADECIMENTOS

A História das Ciências, ou humanidades científicas, e seu diálogo direto com as ciências, permite aos profissionais da área enxergar aquilo que, como definimos, carnívoros e herbívoros não enxergam: os pontos no qual ambos se encontram. É profunda a contribuição que prestamos a compreensão dos meandros da ciência, sobretudo no momento atual no qual a ciência é fortemente atacada (mas desde o seu surgimento enquanto disciplina e método ela tem sido): tanto por aqueles que a querem defender, colocando-a sob um pedestal no qual ela substitui a tudo e todos, como por aqueles que a querem negar. Por isso, visamos divulgar os processos de produção científica, o que tira dela a "cortina negra" que aqueles que, a pretesto de a quererem defender, não aceitam que ela seja analisada, assim como tira o "manto da invisibilidade" que, seja por interesse ou por ignorância, negam a sua objetividade. Como se percebe, os historiadores da ciência estão condenados ao "meio", a concertarem as "pontes".

Neste sentido, agradecemos a contribuição dos participantes desta pesquisa: aos alunos e ao professor da turma de Prática do Ensino de Física no Ensino Fundaental do curso de Física da UFCG, Campus Cajazeiras, os quais nos forneceram grande aprendizado sobre a construção do conhecimento científico, particularmente naquele espaço e naquele tempo. Atestamos a importância de nos referirmos especificamente a àquela turma e aquela proposta, o que, por lógica, não necessariamente sintetiza a construção do conhecimento como um todo por aquela instituição ou aquele curso.

Evidenciamos mais uma vez a importância e a contribuição que a participação em uma pesquisa de caráter etnográfico proporciona: a cultura (reiteramos: há cultura científica, o que não exclui a objetividade, mas, pelo contrário, a estuda) quando interpretada e compartilhada permite a sociedade como um todo a compreensão do "outro": suas especificidades, semelhanças, e aprendizados.

REFERÊNCIAS

BOSI, Alfredo. Dialética da colonização. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

CALLON, Michel. Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Brieuc. In: **Sociología de la ciencia y la tecnología**. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, 1986. p. 259-282.

DESCARTES, René. Discurso do método. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

GEERTZ, Clifford. A interpretação das culturas. l. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

LATOUR, Bruno. Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994.

LATOUR, Bruno. A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. A vida de laboratório: e a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

STADEN, Hans. Viagem ao Brasil. Rio de Janeiro: Officina Industrial Graphica, 1930.

“DESPERTANDO AS ENERGIAS CÍVICAS DA JUVENTUDE BRASILEIRA”: A MOBILIZAÇÃO JUVENIL DURANTE O ESTADO NOVO

Andressa Barbosa de Farias Leandro[1]

RESUMO

Percebida como um recurso político durante o Estado Novo, a juventude passou a ocupar um lugar de relevo nos debates da arena política e nos projetos educacionais. As escolas foram estrategicamente utilizadas para disseminar a ideologia do regime vigente, contudo era preciso controlar o comportamento da juventude fora do ambiente escolar para que ela pudesse tornar-se “saudável” e apta a cumprir seus deveres junto à nação. Destarte, em 8 de março de 1940 é institucionalizada, por meio do Decreto nº 2.072, a Juventude Brasileira, um movimento de mobilização cívica para congregar toda a infância e juventude. Nesse mesmo ano, o presidente Getúlio Vargas elege o escotismo como um modelo para os jovens brasileiros e o incorpora à Juventude Brasileira. O presente artigo problematiza como se deu a mobilização cívica da juventude durante o Estado Novo. O trabalho orientado pelas discussões teóricas sobre o poder e as artes disciplinares, discutidas por Michel Foucault (1987) e juventude, propostas por Luís Antonio Groppo (2004), articulado a fontes impressas, tais como leis, decretos, discursos presidenciais, entre outros, e a bibliografia que versa sobre o Estado Novo, a Organização da Juventude Brasileira e o escotismo, constatou que os ideólogos do Estado Novo idealizaram e instituíram uma instituição nacional para arregimentar os jovens brasileiros. A partir de então, a Juventude Brasileira e o escotismo estiveram a serviço do regime estadonovista no projeto para educar civicamente aqueles que eram considerados o “futuro da nação”.

Palavras-chave: Escotismo, Estado Novo, Juventude Brasileira.

INTRODUÇÃO

Instaurado em 10 de novembro de 1937, o regime autoritário denominado de Estado Novo[2] inaugurava uma nova cultura política:

> A cultura cívica construída pelo regime de 1937, preocupada com a “pacificação” e a “civilidade”, demarcou uma nova relação entre as esferas institucionais do poder e a vida privada da população, principalmente o público urbano. A definição de uma temporalidade cívica, a construção de ícones nacionais, o uso da propaganda e dos meios de comunicação delimitaram, daí para frente, algumas das fronteiras de uma nova cultura política brasileira (PARADA, 2009, p. 10).

[1] Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, andressa-leandro@hotmail.com

[2] O Estado Novo foi a denominação dada ao regime ditatorial liderado por Getúlio Vargas no Brasil. Formalmente instituído em 10 de novembro de 1937, por um golpe político de Getúlio Vargas, o Estado Novo vigorou até o ano de 1945.

Nesse novo regime, a juventude passou a ser percebida como recurso e reserva política, [...] um investimento para a eliminação das tendências revolucionárias e não nacionalistas que habitavam o cenário político brasileiro, ainda pós 1937" (PARADA, 2009, p. 41). Para consolidar o Estado Novo e fazer do Brasil uma "grande nação", Getúlio Vargas pedia a colaboração de todos os brasileiros, apontada como uma necessidade patriótica, principalmente da juventude (BERCITO, 2009):

> Na mocidade que sacode os braços para o alto, como se pretendesse abraçar o sol e traz os olhos abertos pelo deslumbramento da vida que recém desponta, deposito minha confiança e a ela dirijo meu apelo, porque é uma força capaz de consolidar o Estado Novo (VARGAS, 1938, p. 135).

Enquadrada nas aspirações do Estado Novo, a juventude era transformada no eixo da nacionalização. Assim, Getúlio Vargas, por meio do Decreto-Lei nº 2.072, institucionaliza a Juventude Brasileira, para "enquadrar toda a infância, dos 7 aos 11 anos, e toda a juventude, dos 11 aos 18 anos, no movimento de mobilização cívica nos moldes nacionalista do Estado novo" (PARADA, 2009, p.109). O Decreto determinava a participação obrigatória de todos os alunos enquadrados nessas faixas etárias, matriculados nas escolas do país. Determinava ainda, que a instituição estaria sob a vigilância do Presidente da República e seria adotado cântico especifico, uniforme e estandarte próprios.

Ainda em 1940, o presidente Getúlio Vargas incorpora a União dos Escoteiros do Brasil (UEB) à Juventude Brasileira. Nascimento (2008) assevera que, por ser um movimento que atraía a juventude, o escotismo despertou o interesse de ditadores como Vargas, que se apropriaram da instituição para fortalecer seu projeto político, militarizando a infância e a juventude, a exemplo da Alemanha, Itália e Portugal. Inculcar nos jovens a obediência, a disciplina, a moral e o civismo para formar cidadãos conscientes e aptos a contribuir para a grandeza da nação era o objetivo perseguido pelo Estado Novo, ou seja, era conveniente ao novo regime formar jovens que não contestassem a ordem política vigente. Para disciplinar o corpo da juventude, o governo vai se apropriar dos ideais de Baden-Powell, utilizando o escotismo, como mais uma estratégia, para ajustar o corpo jovem ao modelo pretendido de disciplina, ordem e aprimoramento moral, pois, como adverte Foucault (1987, p. 119), "[...], a disciplina fabrica, assim, corpos submissos e exercitados, corpos dóceis. A disciplina aumenta as forças do corpo (em termos econômicos de utilidade) e diminui essas mesmas forças (em termos políticos de obediência)".

O escotismo foi idealizado, no início do século XX, precisamente no ano de 1907, pelo general inglês Robert Stephenson Smyth Baden-Powell. Inicialmente gestado para

complementar a educação de jovens ingleses, o escotismo logo se propagou para outros países. O grande sucesso e a rápida difusão alcançada pelo escotismo devem-se ao fato do projeto de Baden-Powell contribuir com um tipo de educação que produzia sujeitos integrados aos ideais nacionais, servindo de vetor de nacionalismo político para essas nações no período entre guerras (NASCIMENTO, 2004). No Brasil, o escotismo foi implantado no ano de 1910, por iniciativa de um núcleo de oficiais e praças da Marinha Brasileira, que tiveram contato com o Movimento de Baden-Powell durante o tempo em que estiveram em missão na Inglaterra[3].

Entusiasmados com o êxito que o escotismo lograra na Europa, os marinheiros julgaram que sua introdução no país seria benéfica para os jovens brasileiros, por isso, ao retornarem para o Brasil, trouxeram consigo uniformes escoteiros e organizaram o Centro de Boys Scouts do Brasil, fundado no dia 14 de junho de 1910. Tendo como principais incentivadores, Olavo Bilac e Mário Cardim, o escotismo logo despertou o interesse das autoridades políticas, estabelecimentos de ensino, igrejas, dentre outros, se expandindo para outros estados da federação, a exemplo do Rio Grande do Sul, Maranhão, Sergipe, Amazonas, Espírito Santo, Bahia, Paraná, Rio Grande do Norte, dentre outros (BLOWER, 1994).

Faz-se necessário ressaltar que a juventude é uma construção histórica e sociocultural e sendo assim, deve ser analisada levando-se em consideração o contexto histórico e as relações de poder em que está inserida, para que não caiamos na "armadilha do essencialismo", procurando "a essência, a definição-conceito de juventude, tão caro ao objetivismo da ciência moderna" (CASTRO, 2006, p.1). A juventude assim como outras faixas etárias, construídas pela modernidade, tais como a infância, idade adulta e terceira idade, são de suma importância para se entender as diversas características da sociedade moderna, seu funcionamento e suas transformações, já que são esses grupos etários homogêneos, que orientam o comportamento social. Esses grupos etários são disseminados e enraizados na vida social, a exemplo dos inúmeros grupos juvenis, principalmente aqueles que são organizados pelas instituições do "mundo adulto": escolas, internatos, casas de correção, escotismo e juventudes de igrejas, partidos e Estados" (GROPPO, 2004), a exemplo da Organização da Juventude Brasileira.

Santana (2011) aduz que o enquadramento institucional por classes de idades teve no escotismo seu modelo ideal, de tal modo que vários de seus elementos estruturais passaram a ser apropriados por outras organizações juvenis. Se compararmos o escotismo e a Juventude Brasileira iremos encontrar certa similaridade entre elas, haja vista que ambas reuniam indivíduos de idades semelhantes em torno de um sentimento patriótico em comum, ou seja,

[3] Um núcleo de oficiais e praças da Marinha Brasileira se encontrava na Inglaterra para acompanhar a construção de contratorpedeiros, cruzadores e dos encouraçados Minas Gerais e São Paulo (BLOWER, 1994).

conforme asseverou Nascimento (2004), tanto a Juventude Brasileira quanto o escotismo estavam inseridos em um contexto fortemente nacionalista e buscavam promover uma educação voltada para a valorização do civismo, do patriotismo, da devoção e fidelidade ao interesse público. Interessa-nos problematizar como a Juventude Brasileira e o escotismo foram apropriadas pelo Estado Novo para mobilizar a juventude e adequá-la ao modelo pretendido de disciplina, ordem e aprimoramento moral.

Destarte, o enquadramento da juventude em instituições como a Juventude Brasileira respondem as exigências das conjunturas do regime político autoritário do Estado Novo, que por meio das técnicas de disciplinamento almejava a formação de uma "juventude patriota, ordeira, disciplinada, robusta, homogênea e coesa" (SOUZA, 2013, p. 105).

METODOLOGIA

Para responder as indagações as quais se propõe, o presente artigo se ancora nas fontes impressas: leis e decretos, discursos presidenciais (publicados na coletânea a Nova política do Brasil[4]), reportagens publicadas em revistas circulantes nesse período, tais como Vida Escoteira-Revista da juventude e Revista Carioca. Todavia, temos que considerar que essas fontes não são o acontecido, mas sim rastros que nos aproximaram deste (PESAVENTO, 2006). Assim, faremos uma reinterpretação do que que se passou, visto "que uma leitura do passado, por mais controlada que seja pela análise dos documentos, é sempre dirigida por uma leitura do presente" (CERTEAU, 2002, p.34). O trabalho é balizado ainda, pela análise da bibliografia que versa sobre o Estado Novo, a Organização da Juventude Brasileira e o escotismo, produzida por autores como José Silvério Bahia Horta (2012), Cristiane Antunes Stein (2008), Jorge Carvalho do Nascimento (2008), Maria Celina D' Araújo (2000), Maria Helena Capelato (2010), entre outros.

As fontes impressas e a bibliografia produzida sobre o estado Novo, juventude e escotismo se articulam as discussões teóricas sobre o poder e as artes disciplinares, discutidas por Michel Foucault (1987) e juventude, propostas por Luís Antonio Groppo (2004). Os apontamentos teóricos de Foucault nos possibilitam problematizar a Juventude Brasileira e o escotismo como instituições disciplinares que foram apropriadas durante o Estado Novo para

[4] A Nova Política do Brasil é uma publicação organizada pelo governo de Getúlio Vargas. Trata-se de uma coletânea constituída por onze volumes que circularam entre os anos de 1938 a 1947. "Com o período de cobertura entre 1930 e 1945. Nessas publicações há um total de 277 discursos distribuídos em 3170 páginas" (VIVIANI, 2014, p. 2).

fazer um investimento nos corpos dos jovens brasileiros adestrando-os, manipulando-os e moldando-os para educá-los civicamente, aos moldes do projeto político educacional do governo de Vargas. Já as discussões teóricas tecidas por Groppo, nos ajudaram a compreender que a juventude é uma categoria social, "uma concepção, representação ou criação simbólica, fabricada pelos grupos sociais ou pelos próprios indivíduos tidos como jovens, para significar uma série de comportamentos e atitudes a ela atribuídos (GROPPO, 2000, p. 8). Dessa forma, partimos do princípio que a Juventude Brasileira era um grupo social que compartilhava "representações simbólicas e situações sociais" produzidas pelo discurso político educacional da época.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A institucionalização da Organização da Juventude Brasileira

Enfatizar a educação cívica e nacionalista tornou-se a principal orientação política educacional do Estado Novo. Era preciso formar indivíduos identificados com os "interesses nacionais" e "para difundir o espirito nacionalista reservava-se grande importância à formação da Juventude" (BERCITO, 2009, p. 38).

De acordo com Horta (2012, p. 177), ao elaborar a constituição de 1937, o Ministro da Justiça Francisco Campos já sinalizava seu interesse na criação de mecanismo de mobilização da juventude, ao estabelecer no capítulo dedicado à família, que tanto a infância quanto a juventude deveriam ser objeto de "cuidados e garantias por parte do Estado", e determinar no capítulo da educação que:

> O Estado fundará instituições ou dará o seu auxilio e proteção às fundadas por associações civis, tendo umas; e outras por fim organizar para a juventude períodos de trabalho anual nos campos e oficinas, assim como promover-lhe a disciplina moral e o adestramento físico, de maneira a prepará-la ao cumprimento de seus deveres para com a economia e a defesa da nação (ART. 132 DA CONSTITUIÇÃO DOS ESTADOS UNIDOS DO BRASIL, 1937, p. 33).

Com o propósito de mobilizar a juventude brasileira para "promover-lhe a disciplina moral e adestramento físico, de maneira a prepará-la ao cumprimento dos seus deveres para com a economia e defesa da Nação", no ano de 1938, Francisco Campos elabora um projeto no qual propõe a criação da Organização Nacional da Juventude, uma instituição de âmbito nacional e de caráter paramilitar, e o encaminha o presidente Getúlio Vargas, que o submeterá

à apreciação do general Eurico Dutra e de Gustavo Capanema, respectivamente Ministro da Guerra e Ministro da Educação, cujos pareceres foram determinantes para o arquivamento do projeto. Entretanto, apesar do arquivamento, foi fortalecida "a ideia de criar no Brasil um movimento que se encarregasse da educação física, moral e cívica da juventude, inculcando-lhe a disciplina e servindo como instrumento de sua mobilização em torno da ideologia do Estado Novo" (HORTA, 2012, p. 198).

Horta (2012) explica que entre os militares, havia duas tendências: um pequeno grupo que defendia que a juventude deveria ser organizada aos moldes das organizações italiana (Juventude Fascista) e alemã (Juventude Hitlerista) e outro que argumentava que a melhor maneira de mobilizar os jovens seria por meio uma instituição extraescolar, organizada seguindo o exemplo do escotismo. No meio militar era grande o entusiasmo pelo Movimento Escoteiro, nomes como os generais Heitor Borges, Newton Cavalcanti, Meira de Vasconcelos e o almirante Benjamin Sodré eram grandes entusiastas do escotismo, visto que o viam como uma espécie de preparação para o serviço militar e uma maneira de ampliar a área de influência do Exército. Para Nascimento (2008), o Exército pretendia, através do escotismo, ampliar a sua influência sobre as crianças e jovens.

De acordo com Parada (2009), após o arquivamento do projeto de Francisco Campos, surgiram vários projetos, principalmente nos meios militares. Um desses projetos foi apresentado pelo general Meira de Vasconcelos, comandante da Primeira Região Militar, que encaminhou para o Presidente da República um anteprojeto, propondo a criação de uma instituição nacional permanentemente encarregada da educação cívica da juventude, utilizando, para esse fim, a doutrina de Baden-Powell (HORTA, 2012). Stein (2008) argumenta que, ao delegar a educação da juventude ao Exército, o general Meira de Vasconcelos evidencia a sua intenção de militarizar a organização, defender a nação e criar um corpo militar de elite. Mas, para Horta (2012), a proposta do general Meira de Vasconcelos não tinha por objetivo a militarização precoce da juventude e nem o intuito de transformá-la em uma milícia armada e organizada. O interesse, antes de tudo, era a criação de uma instituição que viesse a garantir uma maior influência do Exército sobre os jovens e que, ao mesmo tempo, proporcionasse uma preparação física, moral e cívica, facilitando, assim, o trabalho de militarização a ser realizado durante o serviço militar.

Paralelo a esses projetos desenvolvidos nos meios militares, o então Ministro da Educação Gustavo Capanema, baseando-se no seu parecer dado a proposta de Francisco Campos, nos projetos dos militares e em informações sobre as organizações de juventudes de países como Alemanha, Portugal e Itália, desenvolve outro projeto, que foi entregue a Getúlio

Vargas no ano de 1939. Após sucessivas reformulações, o projeto chegou a sua versão final, e a organização da Juventude Brasileira foi instituída, em 8 de março de 1940:

> É fundada uma instituição nacional, que se denominará Juventude Brasileira, destinada a promover, dentro ou fora das escolas, a educação cívica, moral e física da juventude, assim como da infância em idade escolar, com o objetivo de contribuir para que cada brasileiro possa, realizando superiormente o próprio destino bem cumprir os seus deveres para com a pátria (BRASIL, 1940)

Embora Horta (2012) argumente que o projeto final da organização da Juventude Brasileira tenha sido esvaziado do seu caráter paramilitar, configurando, apenas, um movimento de caráter cívico, voltado para o culto dos símbolos nacionais, constatamos que o Decreto 2.072 explicita a intenção de despertar nos jovens o interesse pelo serviço militar:

> É também papel da educação cívica formar nas crianças e nos jovens do sexo masculino o amor ao dever militar, a consciência das responsabilidades do soldado e o conhecimento elementar dos assuntos militares, e bem assim dar às mulheres o aprendizado das matérias que, como a enfermagem, as habilitem a cooperar, quando necessário, na defesa nacional (BRASIL, 1940).

A organização da Juventude Brasileira intencionava educar a mocidade para que esta cumprisse seus deveres junto a nação, ou seja, independente do sexo, era preciso inculcar "no espírito das crianças e dos jovens, o sentimento de que a cada cidadão cabe uma parcela de responsabilidade pela segurança e pelo engrandecimento da pátria, e de que é dever de cada um consagrar-se ao seu serviço com maior esforço e dedicação" (BRASIL, 1940).

A adoção do escotismo como modelo para a juventude brasileira

Nesse momento histórico, a "cultura escoteira" arraigada em um conjunto de normas que prioriza o civismo, a moral e o aprimoramento físico vai ser uma "aliada" do governo atuando como mais um veículo doutrinador para formar indivíduos identificados com os interesses nacionais. Em 14 de junho de 1940, por meio Decreto-lei 2.310, o presidente Getúlio Vargas incorpora à Organização da Juventude Brasileira a União dos Escoteiros do Brasil (UEB):

> O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, tendo em mira a proposta feita ao Ministro da Educação pela União dos Escoteiros do Brasil, no sentido de ser esta instituição incorporada à Juventude Brasileira,
> DECRETA:
> Art. 1º Fica incorporada à Juventude Brasileira a União dos Escoteiros do Brasil.
> Art. 2º É autorizada a União dos Escoteiros do Brasil a manter a sua própria

> organização, nos termos dos seus estatutos, a serem aprovados por decreto do Presidente da República.
> Art. 3º Serão baixadas, na forma do art. 27 do decreto-lei nº 2.072, de 8 de marco de 1940, as necessárias instruções para a conveniente incorporação da União dos Escoteiros do Brasil à Juventude Brasileira. Art. 4º Este decreto-lei entrará em vigor na data de sua publicação. Art. 5º Revogam-se as disposições em contrário (BRASIL, 1940).

O chefe da nação argumentava que o escotismo era "uma lição constante de energia, disciplina, bravura e lealdade. Nele se aprimoram as virtudes do futuro cidadão da Pátria (AS PALAVRAS DO CHEFE DA NAÇÃO AOS ESCOTEIROS DO BRASIL, 1938, p. 5), por isso, se apresentava como o mais completo e eficiente método educacional para a formação da personalidade juvenil. Os principais objetivos do escotismo nos ajudam a compreender a "simpatia" e o interesse de Vargas pelo método educativo de Baden-Powell:

> 1º- Tornar um cidadão um ente ativo e feliz, pela formação da personalidade;
> 2º- Levar o indivíduo a trabalhar pela sociedade, combatendo toda e qualquer espécie de egoísmo, pelo culto progressivo do altruísmo;
> 3º- Criar, dentro das fronteiras do país, a verdadeira consciência nacional, desenvolvendo o amor pela terra e o interesse por tudo que se prende aos supremos interesses da Pátria que deverão estar acima de quaisquer cogitações;
> 4º- criar, por meio de uma fraternidade prática, uma amizade internacional que seja um seguro passo para a paz universal (CASTELO, 1938, p. 10-11).

Os objetivos do escotismo vinham ao encontro dos interesses educacionais do Estado Novo, haja vista que a pedagogia escoteira estava assentada nos valores morais e cívicos, elementos considerados caros a nação nesse momento. Em discurso proferido a quatro mil escoteiros, presentes no Encontro Regional de Escoteiros (AJURI) realizado na Quinta da Boa Vista, no Rio de Janeiro, no ano de 1939, Vargas "convoca" os escoteiros para participarem da nova organização:

> Em breve, toda a juventude brasileira será chamada a incorporar-se numa poderosa organização nacional, que se erguerá, como uma flama abrazada pelo patriotismo, para realizar um grande ideal. a vossa experiência e treinamento constituirão valiosa e decisiva contribuição para pôr em marcha, vitoriosamente, esse empolgante movimento cívico. Podereis assim mostrar que o Brasil está sempre presente na vossa existência de escoteiros que aos seus serviços destinais o vigor dos músculos adquiridos na ginástica e suas prolongadas marchas, que a sua elevação moral consagrais o aperfeiçoamento do caráter, apurando os vossos ensinamentos dos mestres e da vontade de ser úteis [...] sois a sentinela da pátria que unidos e vigilantes vos constituis os seus defensores em qualquer território, decididos a protegê-la contra tudo e contra todos. (DESPERTANDO AS ENERGIAS CÍVICAS DA JUVENTUDE BRASILEIRA, 1939, p. 32-33).

Por meio do escotismo e da organização da Juventude Brasileira, o Estado Novo pretendia fazer um investimento no "corpo" dos jovens, adestrando-o, manipulando-o e moldando-o através de um processo disciplinar para produzir um cidadão educado, obediente, disciplinado e ajustado ao novo regime.

A solenidade de incorporação da União dos Escoteiros do Brasil (UEB) à Organização da Juventude Brasileira ocorreu durante a Cerimônia da Hora da Independência, realizada na cidade do Rio de Janeiro, onde 1.000 escoteiros, representando a UEB, fizeram o juramento de incorporação à nova organização. Assim, a União dos Escoteiros do Brasil foi transformada num departamento do Ministério da Educação e Getúlio Vargas se proclamou presidente de honra da instituição. A partir de então, o Movimento Escoteiro, em todo o país, passa a adotar o estandarte e o cântico da Organização da Juventude Brasileira até o final do Estado Novo (PARADA, 2009).

Provavelmente, os dirigentes do Movimento Escoteiro temiam que a prática escoteira fosse extinta no Brasil, visto que, de acordo com Horta (2012), o primeiro projeto de uma organização nacional da juventude, elaborado por Francisco Campos, vedava, a partir da sua instalação, o funcionamento de quaisquer "formações ou arregimentações" destinadas à educação física, moral e cívica dos jovens:

> A década de 1940 teve início com uma grande expectativa do escotismo brasileiro em decorrência da sua incorporação à Juventude Brasileira e determinada em decreto de 14 de junho de 1940. [...] Em 7 de setembro, com a participação de 40 mil estudantes, no estádio do Vasco da Gama, ocorreu a incorporação simbólica do Escotismo àquela organização governamental. Graças à pronta atuação da UEB, a ameaça foi neutralizada (CENTRO CULTURAL DO MOVIMENTO ESCOTEIRO, 2004, p. 1).

Logo após a criação da organização da Juventude Brasileira, ainda no mês de março de 1940, o general Heitor Borges, então presidente da União dos Escoteiros do Brasil, envia um documento ao Ministro da Educação, no qual propõe que seja confiada à instituição por ele presidida, a regulamentação e a execução do Decreto-Lei de criação da Juventude Brasileira. No mesmo documento, o general oferece ainda uma alternativa, caso a sua proposta não fosse viável: o Movimento Escoteiro passaria a integrar a Organização e os grupos de escoteiros seriam considerados "centros cívicos", ficando-lhes assegurado o direito de utilizar os seus próprios métodos para ministrar a educação física, moral e cívica. Ademais, solicitava que os jovens inscritos no Movimento Escoteiro fossem dispensados da obrigação de participar das atividades dos centros da Juventude Brasileira. Em contrapartida, os estatutos da União dos Escoteiros do Brasil teriam que ser aprovados pelo Conselho Supremo da juventude Brasileira.

A segunda proposta foi aceita pelo Ministro da Educação e a UEB foi autorizada a manter a sua própria organização (HORTA, 2012).

Portanto, para que não fosse extinta a União dos Escoteiros do Brasil, apesar de manter a sua personalidade jurídica, teve que se filiar a Organização da Juventude Brasileira e se adequar aos seus princípios:

> Para continuar funcionando, a União dos Escoteiros do Brasil estaria, em cada Estado, subordinada ao departamento estadual, que seria responsável pela nomeação de um representante, com a finalidade de moldá-la conforme os princípios da Organização Nacional da Juventude. Além disso, todos os escoteiros brasileiros estariam filiados automaticamente à organização (NASCIMENTO, 2008, p. 305).

O escotismo, articulado a Juventude Brasileira, foi utilizado para adestrar a infância, adequando o corpo do brasileiro, desde a mais tenra idade, à ordem política do Estado Novo (BURITI, 2002), configurando mais uma instituição formadora de ideais e práticas cívico-nacionalistas.

A propagação e ritualização do nacionalismo

Partimos do entendimento que o escotismo e a Juventude Brasileira são instituições disciplinares que tem como alvo o corpo juvenil para aprimorá-lo e adestra-lo, transformando-o em um corpo dócil, ou seja, em "um corpo que pode ser submetido, que pode ser utilizado, que pode ser transformado e aperfeiçoado" (FOUCAULT, 1987, p. 11).

A educação dos jovens esteve atrelada ao civismo. De acordo com Art. 2º do Decreto-Lei nº 2.072, que institui a organização da Juventude Brasileira:

> A educação cívica visará a formação da consciência patriótica. Deverá ser criado, no espirito das crianças e dos jovens, o sentimento de que a cada cidadão cabe uma parcela de responsabilidade pela segurança e pelo engrandecimento da pátria, e de que dever de cada um consagrar-se ao seu serviço com maior esforço e dedicação.

Para as autoridades políticas estadonovista era de suma importância educar "[...] a juventude em relação ao sentimento de civismo e depurar costumes sociais que pudessem interferir na construção de uma nova identidade nacional" (ARAÚJO, 2000, p. 34). Uma juventude saudável e disciplinada, capaz de demonstrar sua obrigação cívica, era fundamental para a prosperidade da nação, associada, nesse período, ao Estado Novo.

As cerimônias cívicas cumpriam a função de propagar e ritualizar esse nacionalismo, sobretudo, entre as crianças e jovens. Nesse sentido, foi elaborado, nos primeiros anos do novo

regime, um calendário cívico com diversas datas comemorativas, que cumpriam a função de encenar os valores pretendidos pela ordem política vigente. Fundador de um novo tempo cívico, de uma memória coletiva e também de um modelo para as virtudes públicas, o calendário cívico fixou um significado para a comunidade nacional, que deveria ser guardado na memória coletiva e vivenciado através das cerimônias cívicas, possibilitando ao regime "demarcar tempos e lugares, nos quais Vargas e o Estado Novo podiam ser reconhecidos por sua importância e indispensabilidade na luta pela manutenção da soberania e do Estado-nação" (PARADA, 2009, p. 27). Esse calendário abrangia datas comemorativas, tais como: o dia de Tiradentes, Dia do Trabalho, Dia da Bandeira, aniversário do Estado Novo, Semana da Pátria, dia da Juventude, entre outras.

Essas cerimônias ou festas cívicas, organizadas pelo Ministério da Educação e Saúde e pelo Departamento de Imprensa e Propaganda (DIP), mobilizavam um grande número de pessoas, principalmente os jovens, alvo da atenção dos gestores da cultura cívica do Estado Novo. Dois eventos do novo calendário cívico eram voltados diretamente para eles: o Dia da Juventude e a Hora da Independência (PARADA, 2009). Entretanto, a participação dos jovens não se limitava a esses desfiles, eles eram obrigados a participarem de todas as comemorações cívicas, sobretudo, após a institucionalização da Juventude Brasileira.

Essas cerimônias estavam articuladas ao processo de consolidação da política de massas e, consequentemente a modelos de civilidade e a disseminação de modelos de comportamento de autocontrole e disciplina. No imaginário político do Estado Novo, a Nação, una e indivisível, deveria ser adorada e venerada através de seus símbolos, produtores de significados e valores cívicos, ritualizados nas cerimônias cívicas, responsáveis pela integração dos cidadãos à nação, formando assim, uma só unidade.

Segundo Hoche (2017), a criação da Juventude Brasileira também serviu ao propósito de projetar a imagem de Getúlio Vargas como um governante querido e amado, digno de confiança, um exemplo a ser seguido pelos jovens de todo país. Para consolidar essa imagem, foram realizadas inúmeras ações envolvendo o movimento juvenil e o presidente Vargas, a exemplo do dia 19 de abril, dia do aniversário do chefe da nação, uma data de destaque no calendário cívico do Estado Novo:

> Uma das datas mais importantes para o movimento era o 19 de abril, aniversário de Getúlio Vargas, e que a partir de 1941 tornou-se também o dia da Juventude Brasileira, unindo de mais uma maneira o chefe da nação com a mocidade de todo o país. O significado da fusão destas datas servia para reforçar um laço que se pretendia forjar entre o presidente e os jovens brasileiros (HOCHE, 2017, p. 136).

Não por acaso esse dia era decretado feriado escolar, para se constituir em um dia festivo, no qual os jovens de todo o país trocavam "os bancos das escolas pelos desfiles nas ruas das cidades do país em homenagem ao senhor Vargas" (BENCOSTTA, 2004, p. 3). A data era comemorada nos estabelecimentos de ensinos e também nas ruas. Nas escolas os alunos comumente assistiam a uma preleção sobre a personalidade do Presidente Getúlio Vargas. Nessa ocasião os professores aproveitavam para enfatizar o papel da juventude e as suas obrigações para com a Pátria, difundindo os símbolos nacionais e os ideais do novo regime para lembrar a juventude da responsabilidade de sua "grande missão". Após as homenagens realizadas no interior das escolas, os alunos, conduzidos pelos professores, realizavam um desfile cívico nas ruas das cidades, garbosamente uniformizados.

Durante as festividades cívicas, a exemplo do Dia da Juventude, Aniversário do Estado Novo, Semana da Pátria, Dia da Bandeira, entre outros; não era apenas o cotidiano escolar que era alterado, mas sim todo o cotidiano citadino. Toda a população era "convidada" a assistir esse momento de comunhão nacional. A propaganda política desenvolvida durante a nova ordem política foi responsável por disseminar e interiorizar a ideologia do "autocontrole" entre os sujeitos sociais, fazendo com que os mesmos se comportassem conforme os valores da nova ordem dominante. Assim, as comemorações cívicas eram transformadas "em momentos quase míticos de louvação ao país e a seu 'chefe'" (ARAÚJO, 2000, p. 36).

As cerimônias cívicas se constituíam em uma das principais atividades da organização da Juventude Brasileira, visto que a referida instituição "buscará atingir as suas finalidades especialmente por processos de educação ativa, realizando formaturas solenidades demonstrações, trabalhos, exercícios, excursões, viagens e divertimentos (BRASIL, 1940). Essas cerimônias cumpriam a função de difundir os valores nacionais e criar uma identidade nacional para o "novo' Brasil que estava sendo edificado por Vargas. Como Decreto 2.072 determinava que "A Juventude Brasileira prestará culto constante à Bandeira Nacional" e "será o Hino Nacional a expressão do seu fervor em cada dia", as festividades cívicas era o momento por excelência de exaltação dos símbolos nacionais.

Ancorados nos pressupostos foucaultianos sobre o poder, constatamos que essas cerimônias, produtoras de sentidos, se constituíam em uma tecnologia de poder, que adestrava, manipulava e moldava o corpo da juventude conforme os interesses dos ideólogos do Estado Novo. Ademais, conforme assevera Schemes (2013), as comemorações ou festas cívicas estavam diretamente associadas à ideia de harmonia e felicidade coletiva, mascarando assim, os supostos conflitos que permeavam a sociedade naquele momento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Preocupados em educar aqueles que seriam os futuros cidadãos da pátria, os ideologos do estado Novo vão se debruçar em um projeto de mobilização da juventude. Destarte, é instituída, por meio do Decreto nº 2.072, a Juventude Brasileira. Logo, a concepção de uma juventude disciplinada civicamente, moralmente e fisicamente associada à ideia de uma nação forte, fez com que o Estado Novo adotasse o escotismo como modelo para a juventude brasileira (ZUQUIM E CYTRYNOWICZ, 2002). A partir de então, o Movimento Escoteiro, em todo o país, passa a adotar o estandarte e o cântico da Juventude Brasileira até o final do Estado Novo. O escotismo incorporado a Juventude Brasileira atuou como um tipo de instituição disciplinar, fazendo um investimento no corpo juvenil brasileiro, regulando-o através de dispositivos disciplinares com o objetivo de torná-lo educado, obediente e útil à nação, pois um "corpo disciplinado era sinônimo de nação polida, desavenças políticas amenizadas" (OLIVEIRA, 2002, p. 236).

A criação da Juventude Brasileira cumpria ainda o papel de fortalecer a imagem do presidente Vargas e propagar o culto dos símbolos nacionais. Os jovens assim como os escoteiros eram presenças garantida nas festividades cívicas onde eram encenados os valores cívicos pretendidos pela nova ordem política. Destarte, as comemorações cívicas contribuíam para a difusão e a legitimação do novo regime e para a inculcação do sentimento de civismo da população, sobretudo, das crianças e jovens.

A juventude Brasileira foi extinta em novembro de 1945, logo após o término do Estado Novo, com a revogação do Decreto 2.072. No processo de redemocratização do país, esta medida foi "saudada pela imprensa, que nela verá um sinal do fim melancólico de uma tentativa frustrada de implantação no Brasil de um movimento de juventude nos moldes fascista" (HORTA, 2012). Quanto ao escotismo, Nascimento (2008) argumenta que, na prática, durante o período estadonovista, a União dos Escoteiros do Brasil funcionou sob intervenção militar. Somente em 24 de janeiro de 1946, é que O Decreto-Lei nº 8.828, que "dispõe sobre o reconhecimento da União dos Escoteiros do Brasil como instituição destinada a educação extraescolar"; reconhece a autonomia dela em relação ao Estado e permite que a instituição mantenha "sua organização própria com direito exclusivo ao porte e uso dos uniformes, emblemas, distintivos, insígnias e terminologia adotados nos seus regimentos e necessários à metodologia escoteira" (BRASIL, 1946).

Entendemos que tanto a Juventude Brasileira quanto a incorporação do escotismo a

referida instituição faziam parte da estratégia da propaganda política do regime autoritário de Vargas, que se apropriou dessas duas instituições para disseminar entre os jovens brasileiros os ideais do regime vigente. Destarte, a Juventude Brasileira articulada ao escotismo foi decisiva para a construção do sentimento de civismo entre os jovens, considerados a "força capaz de consolidar o Estado Novo".

REFERÊNCIAS

A PALAVRA do chefe da nação aos escoteiros. **Vida Escoteira- Revista da Juventude**. Rio de Janeiro. Ano 1, n. 3, p. 5 agos. 1938.
ARAÚJO, Maria Celina D'. **O Estado Novo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2000.

BENCOSTTA, Marcus. **Desfiles patrióticos:** cultura cívica nos grupos escolares de Curitiba (1903-1971). In: Congresso Brasileiro de História da Educação, 3.; 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBHE, 2004. p. 1-13.

BERCITO, Sônia de Deus Rodrigues. **Nos tempos de Getúlio**: da revolução de 30 ao fim do Estado Novo. São Paulo: Atual, 2009.

BLOWER, Almirante Bernard David. **História do escotismo brasileiro**: os primórdios do escotismo no Brasil. Rio de Janeiro: CCME, 1994.

BRASIL. **Constituição dos Estados Unidos do Brasil** (10 de novembro de 1937). Disponível em: <file:///D:/Filmes/constituicao_1937_texto.pdf> Acesso em: 12 mar. 2016.

_____. **Decreto-Lei nº 2.310, de 14 de junho de 1940- Incorpora à Juventude Brasileira a União dos Escoteiros do Brasil**. Disponível em <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-2310-14-junho-1940-412165-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso em: 4 abr.. 2017.

_____. **Decreto-Lei nº 2.072, de 8 de março de 1940- Dispõe sobre a obrigatoriedade da educação cívica, moral e física da infância e da juventude, fixa as suas bases, e para ministrá-la organiza uma instituição nacional denominada Juventude Brasileira**. Disponível em: < http:// www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-2072-8-marco-1940-412103-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 4 abr. 2017.

_____. **Decreto-Lei nº 8.828, de 24 DE JANEIRO DE 1946- Dispõe sobre o reconhecimento da União dos Escoteiros do Brasil como instituição destinada a educação extraescolar.** Disponível em <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-8828-24-janeiro-1946-416600-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso em: 4 abr. 2017.

BURITI, Iranilson. **Façamos a família à nossa imagem**: a construção de conceitos de família no Recife moderno (décadas de 20 e 30). 2002, 348f. Tese (Doutorado em História) −Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CAPELATO, Maria Helena. O Estado Novo: o que trouxe de novo? In: FERREIRA, Jorge; DELGADO, Lucilia de Almeida das Neves. **O tempo do nacional-estatismo:** do início da década de 1930 ao apogeu do Estado Novo. 3. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.

CASTELO, Teodorico. A educação nacional será a educação escoteira. In: **Vida Escoteira-Revista da Juventude**. Rio de janeiro. Ano 1, nº 1, p. 10-11, mai. 1938.

CASTRO, Elisa Guaraná de. **Juventude:** Reflexões para o debate. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1dbkakfGWT3ny7a4rB68kFwAm4sZsViqXAge7s4nRqM/edit > Acesso: 02 mar. 2018.

CENTRO CULTURAL de Memória Escoteira. **Memória Escoteira**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 50, maio/set. 2004.

CERTEAU, Michel. **A escrita da história**. Tradução de Maria de Lourdes Menezes. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002

DESPERTANDO AS ENERGIAS cívicas da juventude brasileira. **Revista Carioca**, Rio de Janeiro, n. 192, p. 32-33, 1939. Disponível em: <http://chamaescoteira.wordpress.com/tag/1939/> Acesso: 12 mar. 2016.

GROPPO, Luis Antonio. Dialética das juventudes modernas e contemporâneas. **Revista de Educação do COGEIME**, São Paulo, v. 13, n. 25, dez. 2004.

HOCHE, Aline de Almeida. A juventude brasileira e o Presidente Vargas. ***Cordis***. Dimensões do Regime Vargas, v. 2, São Paulo, n. 19, p. 114-151, jul./dez. 2017

HORTA, José Silvério Baia. **O hino, o sermão e a ordem do dia**: regime autoritário e a educação no Brasil (1930-1945). 2. ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2012.

FOUCAULT, Michel. **Vigiar e punir:** nascimento da prisão. Tradução Lígia Maria Pondé Vassalo. Petrópolis: Vozes, 1987.

NASCIMENTO. Adalson de Oliveira. **Sempre alerta**! O Movimento Escoteiro no Brasil e os projetos nacionalistas de educação infanto-juvenil (1910-1945). 2004, 173f. Dissertação (Mestrado em História) − Programa de pós-graduação em História, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

NASCIMENTO, Jorge carvalho do. **A escola de Baden-Powell** − cultura escoteira, associação voluntária e escotismo de estado no Brasil. Rio de Janeiro: Imago, 2008.

PARADA, Mauricio. **Educando Corpos e criando a nação:** cerimonias cívicas e práticas disciplinares no Estado Novo. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio: Apicuri, 2009.

PESAVENTO, Sandra Jatahy. **História & Literatura:** uma velha-nova história. História cultural do Brasil, 2006. Disponível em: <http://nuevomundo.revues.org/indexI560.html>. Acesso em mar. 2019.

SANTANA, Márcio Santos de. A categoria juventude na pesquisa histórica: notas metodológicas. In: XXVI SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, São Paulo, 2011. **Anais**, São Paulo: ANPUH-SP, 2011.

SCHEMES, Claudia. O controle social e as festas cívicas no Brasil de Getúlio Vargas (1937/1945) e na Argentina de Juan Domingo Perón (1946/1955). **Dimensões**, vol. 30, 2013, p. 335-361.

SOUSA, Francisco Carlos Oliveira de. Estado Novo: novas práticas? – A educação escolar no

Liceu Industrial Rio Grande do Norte (1937-1942). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA-CONHECIMENTO HISTÓRICO E DIÁLOGO SOCIAL, 27; 2003. Natal. **Anais**... Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

STEIN, Cristiane Antunes. **Por Deus e pelo Brasil**: a Juventude Brasileira em Curitiba (1938-1945). 2008, 169f. Dissertação (Mestrado em Educação) − Programa de Pós-Graduação em educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VARGAS, Getúlio. A solidariedade dos riograndenses e a libertação do Rio Grande (discurso pronunciado no palácio do governo do rio grande, em porto alegre, respondendo e agradecendo a manifestação popular de 7 de janeiro de 1938). In. **A Nova Política do Brasil V**- O Estado Novo (10 de novembro de 1937 a 25 de julho de 1938). Rio de Janeiro: José Olympio Editora.

VIVIANI, Fabrícia Carla. A Nova Política do Brasil: temas e argumentos. In: Anais Semana de Ciência Política, 2; 2014, São Carlos. **Anais**...São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2014.

ZUQUIM, Judith; CYTRYNOWICZ, Roney. **Notas para uma história do escotismo no Brasil: a** "psicologia escoteira" e a teoria do caráter como pedagogia do civismo (1914- 1937). **Educação em Revista**, Belo Horizonte, n. 35, p. 43-58, jul. 2002.