

CADÊ O CARBOIDRATO QUE ESTAVA AQUI? CONTEXTUALIZANDO A FERMENTAÇÃO NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Naiara do Nascimento Santiago Zanetti ¹
Daniela Luciana Pereira Antonio ²
Rafael Pinto Vieira ³

RESUMO

A fermentação é um processo utilizado pela humanidade há muito tempo na produção de alimentos fermentados e conservação dos mesmos, e caracteriza-se pela transformação de um carboidrato em gás carbônico e um composto orgânico simples. Os microrganismos fermentadores são utilizados para a produção de uma diversidade de produtos alimentícios muito apreciados e consumidos pela população, como pães e iogurte. Diante da grande dificuldade dos alunos, principalmente da Educação de Jovens e Adultos (EJA), em compreender as reações bioquímicas desses processos, a experimentação e a contextualização, abordando esses assuntos de forma participativa e investigativa, cria um vínculo entre o estudante e o conhecimento bioquímico, trazendo significado. Este relato descreve a vivência prática de uma experiência científica na construção do aprendizado, desenvolvendo o pensamento científico sobre a importância dos microrganismos para os seres humanos, em uma turma de EJA. Foi desenvolvida uma sequência didática investigativa, composta por quatro aulas, em que a problemática foi apresentada na primeira aula, gerando uma pergunta norteadora para as aulas seguintes, quando os alunos fizeram experimentos sem o conhecimento prévio dos resultados esperados. A partir das observações e dos dados obtidos, os alunos voltaram à pergunta inicial, para a qual propuseram, juntos, uma resposta. Observou-se o desenvolvimento de habilidades importantes para o processo de aprendizagem, como a capacidade de observação e formulação de hipóteses, e o estabelecimento de conexões para a construção de um entendimento maduro e coeso do conhecimento envolvido.

Palavras-chave: Fermentação, Transformação química, Bioquímica, Microrganismos, Ensino por investigação.

INTRODUÇÃO

A fermentação é um processo utilizado pela humanidade há muito tempo para a produção de alimentos fermentados e para a conservação dos mesmos (MARTINS, 2014). Acredita-se que os primeiros seres vivos heterótrofos tenham sido fermentadores e inúmeros

¹ Mestranda do PROFBIO/UFMG e professora de Biologia na E. E. Professor Clóvis Salgado, BH/MG, naiara.santiago@educacao.mg.gov.br;

² Graduanda de Ciências Biológicas/UFMG e bolsista PBEXT/UFMG no projeto Dimensões, daniela.lpa685@gmail.com;

³ Professor do PROFBIO/UFMG, Departamento de Bioquímica e Imunologia da UFMG, vieirarp@icb.ufmg.br.

microrganismos ainda utilizam esse processo anaeróbio na obtenção de energia para suas atividades metabólicas. A fermentação caracteriza-se pela utilização de um composto complexo e reduzido, como um carboidrato, que, a partir de maquinaria enzimática e catalítica própria, será convertido a gás carbônico e a um composto orgânico mais simples, como um álcool e ácidos orgânicos. A partir disso, podemos classificar os processos fermentativos em três tipos principais: a fermentação alcoólica, cujo produto é um álcool (etanol); a fermentação láctica, cujo produto é o ácido láctico; e a fermentação acética, cujo produto é o ácido acético (MARTINS, 2014).

Os microrganismos fermentadores, além de serem importantes como decompositores, são utilizados em larga escala pela indústria de alimentos para produção de uma diversidade de produtos alimentícios muito apreciados e consumidos pela população, como pães, pizza, iogurte, cerveja e bebidas fermentadas provenientes de frutas, como o vinho. Ao trabalhar os conteúdos curriculares sobre bactérias e fungos e sua relevância para a humanidade, torna-se essencial proporcionar aos alunos um entendimento consolidado sobre como a fermentação é largamente utilizada em nosso benefício. Nesse contexto, o ensino por investigação tem papel fundamental, possibilitando o contato dos alunos com o conhecimento científico por trás de processos presentes no cotidiano de todos nós.

Além disso, essa abordagem proporciona o contato dos alunos com a Bioquímica, que integra eixos estruturantes da Biologia, como a Biologia Celular, Microbiologia, Genética, Imunologia e Fisiologia, possibilitando a compreensão dos processos metabólicos. O estudo da Bioquímica é fundamental para o entendimento dos processos químicos envolvidos nos organismos vivos e exige um alto grau de abstração para a compreensão da estrutura e função das biomoléculas no metabolismo celular (ALCÂNTARA, 2015). Imaginar moléculas e transformações de uma substância em outra, bem como o consumo e a liberação de energia relacionados, não é fácil para os alunos. Eles criam resistência em relação a este tópico, dificultando a compreensão de outros temas e conteúdos da Biologia que estão intrinsecamente conectados à Bioquímica. É essencial priorizar metodologias e estratégias, sejam elas investigativas ou não, e que proporcionem um contato mais íntimo dos alunos com a Bioquímica, permitindo a compreensão do conteúdo, inclusive daquele a ser aplicada ao cotidiano.

Em um processo investigativo, ao propor um problema, o professor estimula o raciocínio dos estudantes que assumem a postura de pesquisador, investigando o problema e propondo hipóteses e soluções. Para isso, os alunos devem se engajar em atividades dialógicas, experimentais e ativas, onde poderão, então, ser protagonistas no processo de aprendizado,

sedimentando o conhecimento adquirido e utilizando-o no seu cotidiano (SBARDELLATI, 2017). Assim, segundo FRANCO & MUNFORD (2020), o conhecimento só é realmente apropriado como prática epistêmica quando associado a práticas do domínio social.

O grande objetivo da educação científica deve ser, acima de tudo, promover a reflexão sobre as informações recebidas por diferentes meios de comunicação e permitir que o aluno tenha condições de analisar criticamente essas informações formando uma opinião com capacidade de argumentação (CARVALHO, 2011). Mostrar que a Bioquímica está presente no cotidiano das pessoas, independentemente do seu nível de escolaridade, e ser capaz de articular o conhecimento científico com o exercício da cidadania é um dos grandes desafios do professor de biologia no ensino básico.

A fermentação é um processo metabólico que possibilita, de forma rápida e simples, a percepção de evidências em experimentações que estão intimamente relacionadas ao cotidiano dos alunos, permitindo uma contextualização da prática e assumindo um papel estratégico na resolução de problemas relacionados ao ensino de Bioquímica no ensino básico.

O objetivo deste trabalho foi favorecer uma compreensão mais ampla e acessível sobre a fermentação a partir de estratégias que permitissem a construção do conhecimento com a utilização de metodologias ativas, investigativas e integradoras, proporcionando aos alunos uma vivência prática e eficaz de uma experiência científica na construção do aprendizado; promovendo o desenvolvimento do pensamento científico sobre a importância dos microrganismos para os seres humanos e sua utilização pela indústria de alimentos; reconhecendo a fermentação como um processo de transformação do carboidrato em gás carbônico e outros produtos, como álcool e ácido lático; e despertando o interesse pela ciência, por meio do incentivo ao uso e à aplicação do conhecimento científico no cotidiano.

METODOLOGIA

A sequência didática (SD) proposta foi aplicada em uma turma de 2º ano de Ensino Médio EJA na Escola Estadual Professor Clóvis Salgado. Para o desenvolvimento da SD proposta, foram utilizadas quatro aulas.

AULA 1 - APRESENTAÇÃO DA PROBLEMÁTICA E PERGUNTA NORTEADORA

Em uma apresentação de *slides*, foram apresentadas aos alunos diversas imagens de diferentes produtos alimentícios (pão, pizza, iogurte, queijo, cerveja, vinho e vinagre) e os alunos foram questionados: “O que esses alimentos têm em comum?” (Figura 1).

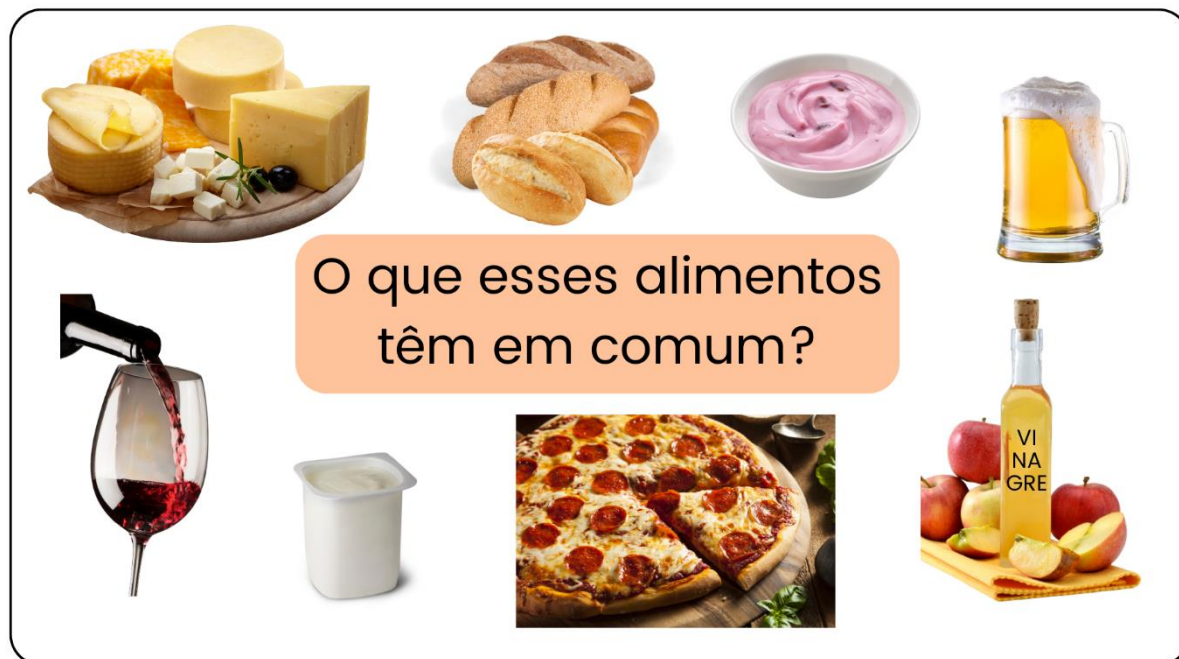


Figura 1. Imagens apresentadas aos alunos na primeira aula da sequência didática (SD).

Em seguida, perguntas sobre o processo de fermentação foram projetadas e os alunos foram provocados: a) O que é fermentação?; b) Por que o microrganismo realiza a fermentação?; c) Como a fermentação consegue modificar os alimentos, resultando nos produtos das imagens apresentadas?

Os alunos registraram suas hipóteses e discussões no caderno. Após os registros, a pergunta norteadora para as aulas seguintes foi apresentada: Toda fermentação é igual? Os alunos se expressaram, discutiram e agruparam as imagens apresentadas no início da aula de acordo com o tipo de fermentação. O registro foi feito no caderno dos alunos.

AULA 2 - EXPERIMENTAÇÃO: FERMENTAÇÃO USANDO FERMENTO BIOLÓGICO.

Os alunos fizeram um experimento de fermentação alcóolica para evidenciar a produção de gás carbônico e álcool (Figura 2). Os alunos não sabiam o tipo de fermentação com a qual estavam trabalhando. Para o experimento, foi usado o fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) seco, exposto a diferentes temperaturas (água gelada, em temperatura ambiente e morna) e substrato (açúcar e adoçante).



Figura 2. Experimento utilizando o fermento biológico em diferentes condições.

Os procedimentos e resultados foram registrados pelos alunos e analisados para formulação de hipóteses e propostas de respostas à pergunta: os fungos fazem fermentação em qualquer tipo de ambiente e condições?

AULA 3 - EXPERIMENTAÇÃO: EVIDENCIAÇÃO DA ALTERAÇÃO DO VALOR DE pH DO IOGURTE EM COMPARAÇÃO AO LEITE

Os alunos fizeram um experimento utilizando um indicador natural do valor de pH, feito com repolho roxo e outros materiais, como sabão em pó, vinagre, leite e iogurte. A escala de cores do indicador utilizado foi disponibilizada aos alunos e eles compararam as colorações obtidas com a escala do indicador para propor valores de pH das soluções aquosas investigadas (Figura 3).



Figura 3. Experimento utilizando o indicador natural de valor de pH (esquerda) e comprovação com utilização de fita indicadora de valor de pH (direita).

Os procedimentos e resultados foram registrados pelos alunos e analisados para formulação de hipóteses e solução para a pergunta: qual a relação da fermentação com as observações feitas?

AULA 4: VOLTA À PERGUNTA INICIAL “TODA FERMENTAÇÃO É IGUAL?”

De posse dos registros feitos, os alunos foram questionados novamente: “Toda fermentação é igual?” Embasados pela coleta de dados e evidências durante os experimentos, os alunos discutiram sobre as hipóteses formuladas na primeira aula da SD, buscando confirmá-las ou refutá-las.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação da SD, foi feita uma análise crítica baseada nos resultados e percepções dos estudantes durante a aplicação. A principal pergunta para iniciar a análise crítica da SD aplicada foi: qual problema educacional ela tentou solucionar? Para responder a essa pergunta, podemos pensar em diversos problemas, principalmente em relação ao ensino de Bioquímica. Segundo FURTADO (2022), as condições e metodologias utilizadas no período pandêmico e pós-pandêmico acentuaram as dificuldades de aprendizagem dos alunos, que retornaram às escolas com grande defasagem de conteúdos base para a continuidade do processo de ensino. Na Bioquímica, isso fica ainda mais grave, uma vez que, naturalmente, trata-se de um conteúdo relacionado a uma bagagem de dificuldades muito grande por parte dos estudantes.

A solução para este problema envolve o incremento do processo de ensino por meio de uma abordagem que possibilite a experiência de aprendizagem a partir da modulação do comportamento do indivíduo com estímulos apropriados. Na Bioquímica, em uma abordagem investigativa, os experimentos realizados sem resultado conhecido pelos alunos estimulam a capacidade de observação e formulação de hipóteses, instigando e despertando o interesse pelos processos bioquímicos testados. Utilizando-se materiais simples e de fácil acesso, os alunos conseguem perceber a proximidade da Bioquímica com o cotidiano.

A percepção do processo antes do conhecimento dos conceitos bioquímicos facilita a criação de conexões maduras e coesas. Na SD aplicada, fazer experimentos antes da explicação do conteúdo e ter a possibilidade de formular hipóteses baseadas nas evidências percebidas trouxe mais significado ao processo de aprendizagem. Eles conseguiram usar seus

conhecimentos prévios para a formulação das hipóteses e explicações dos fenômenos observados.

Na temática abordada na SD, os alunos foram provocados na aula inicial a partir de imagens que geraram motivação e despertaram emoções e a atenção dos alunos. Esse foi um ponto muito construtivo da SD aplicada, pois sabemos que somente a informação que recebe nossa atenção desperta nosso interesse e é sedimentada. Essa abordagem inicial foi retomada após os experimentos e os alunos puderam confrontar as hipóteses iniciais propostas por eles mesmos. Isso possibilitou a constatação de resultados já alcançados e a satisfação pessoal e coletiva no alcance de objetivos que alimentaram ainda mais a motivação dos alunos para a aprendizagem significativa (COSENZA, 2011).

A problemática apresentada aos alunos estimulou a capacidade de perceberem que existem tipos diferentes de fermentação, não apenas pela diferença de microrganismos envolvidos, mas pela diferença de produtos obtidos a partir de diferentes substratos.

Algumas reflexões foram propostas, a fim de estimular a percepção e a compreensão dos processos bioquímicos, solucionando outros problemas existentes. Um desses problemas é a compreensão das transformações químicas que acontecem na fermentação. Os alunos têm grande dificuldade em perceber que a ocorrência das reações químicas altera molecularmente as substâncias, sendo evidenciadas por alterações físicas e físico-químicas oriundas dessas transformações. Através da percepção dessas evidências nos experimentos realizados, os alunos conseguiram relacionar a formação de novas substâncias a partir das pré-existentes, e como isso pode ser aproveitado pelo ser humano para o seu próprio benefício - neste caso, para a fabricação de produtos alimentícios.

Os alunos foram capazes de responder à questão proposta “Toda fermentação é igual?”, refutando e confirmando hipóteses já formuladas na primeira aula, embasando suas respostas nas evidências dos experimentos realizados, apontando as diferenças e semelhanças entre a fermentação alcoólica e láctica, sendo capazes de reconhecerem em seu cotidiano a presença desses processos nos alimentos consumidos.

Os alunos voltaram ao agrupamento dos alimentos proposto por eles na primeira aula (Figura 4) e foram questionados sobre a correta relação que fizeram para agrupar os alimentos. Eles reagruparam os alimentos, agora com embasamento e argumentação mais densa, como pode ser observado na Figura 5. Foi solicitado que registrassem tudo no caderno para posterior consulta e estudo.



Figura 4: Primeiro agrupamento feito pelos alunos na primeira aula da SD, com seus respectivos argumentos.



Figura 5: Segundo agrupamento feito pelos alunos após a realização dos experimentos e seus respectivos argumentos.

Outra discussão valiosa desse contexto diz respeito ao papel do processo bioquímico para o microrganismo que o realiza. É importante ressaltar para os alunos que o processo acontece com uma função específica para o ser vivo que o faz, um resultado da evolução dos processos bioquímicos, ou seja, a fermentação não é feita pelo microrganismo (bactéria ou

fungo) com a finalidade de produzir alimentos para nosso consumo. A reflexão a ser feita é: o que é o processo para os microrganismos que o fazem e por que o fazem? Os alunos devem compreender que a fermentação é um processo metabólico, ou seja, que faz parte de um conjunto de reações químicas que ocorrem no meio celular, e que, ao longo da história da humanidade, simplesmente utilizamos esses processos vitais dos microrganismos para obtermos produtos que inserimos em nossa cultura alimentar.

Na SD, essa proposta de reflexão foi dialogada com os alunos ao final da quarta aula da sequência. Os alunos foram questionados sobre isso e, após algumas hipóteses, eles chegaram à conclusão de que a fermentação é um processo de obtenção de energia, pois relacionaram o consumo do carboidrato na fermentação com a função nutricional dos carboidratos como moléculas essenciais ao metabolismo energético. Quando questionados sobre como poderíamos testar esta hipótese, os alunos sugeriram um experimento que poderia dar continuidade à SD aplicada, porém, devido à escassez de aulas e à ausência de equipamento necessário ao experimento sugerido na escola, o protocolo não foi continuado. Este experimento consiste no monitoramento da temperatura da massa de pão durante sua produção. A falta de um forno para finalizar a produção do pão e a aplicação da SD na EJA no turno noturno, que tem um número de aulas/dia reduzido, inviabilizou a realização do experimento. Em condições apropriadas, trata-se de uma oportunidade de aprofundamento e reflexão. Assim, os alunos podem refletir se o objetivo do produto é também o objetivo do processo.

É possível aprofundar a discussão bioquímica do conteúdo em turmas com maior abertura e possibilidade de reflexão: para que são produzidos o álcool e o lactato? A proposta agora é ir além do que podemos perceber, é fazer uma reflexão em níveis micro e submicroscópico.

A partir da representação química do processo de fermentação (Figura 6), podemos perceber que a produção de ATP, molécula que é considerada nossa “moeda energética”, ocorre durante a glicólise, com redução de duas moléculas de NAD^+ e produção de duas moléculas de ácido pirúvico ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$). Se o objetivo da realização do processo de fermentação é a obtenção de energia por meio da quebra da molécula de carboidrato (substrato), por que ocorre a continuidade do processo até a formação de álcool ou lactato? A partir dessa reflexão, o aluno é capaz de perceber a necessidade de outras moléculas, além do carboidrato, para a ocorrência do processo. Quando observamos mais atentamente a representação química da fermentação, percebemos que as moléculas de NAD^+ que são reduzidas a NADH e precisam ser recuperadas; e que, durante a transformação do ácido pirúvico em álcool ou lactato, o NADH é oxidado a NAD^+ , ficando disponível para novas reações da glicólise. Ou seja, se pensarmos somente no

objetivo de obtenção de ATP em uma reação, não seria necessária a produção de álcool ou lactato, mas como o metabolismo energético envolve reações complexas e interdependentes, dependendo inclusive de moléculas aceptoras de hidrogênio, como o NAD^+ , a produção desses compostos torna-se necessária para a manutenção do processo ao longo da vida dos microrganismos fermentadores (VOET, 2013).

Essa é uma reflexão mais densa sobre a temática tratada, mas possível de ser trabalhada em sala de aula, e que traz uma abordagem que vai além do que está nos livros didáticos do ensino médio, permitindo uma reflexão que proporciona maior compreensão do processo, contribuindo para a aprendizagem de outros conteúdos da Bioquímica.

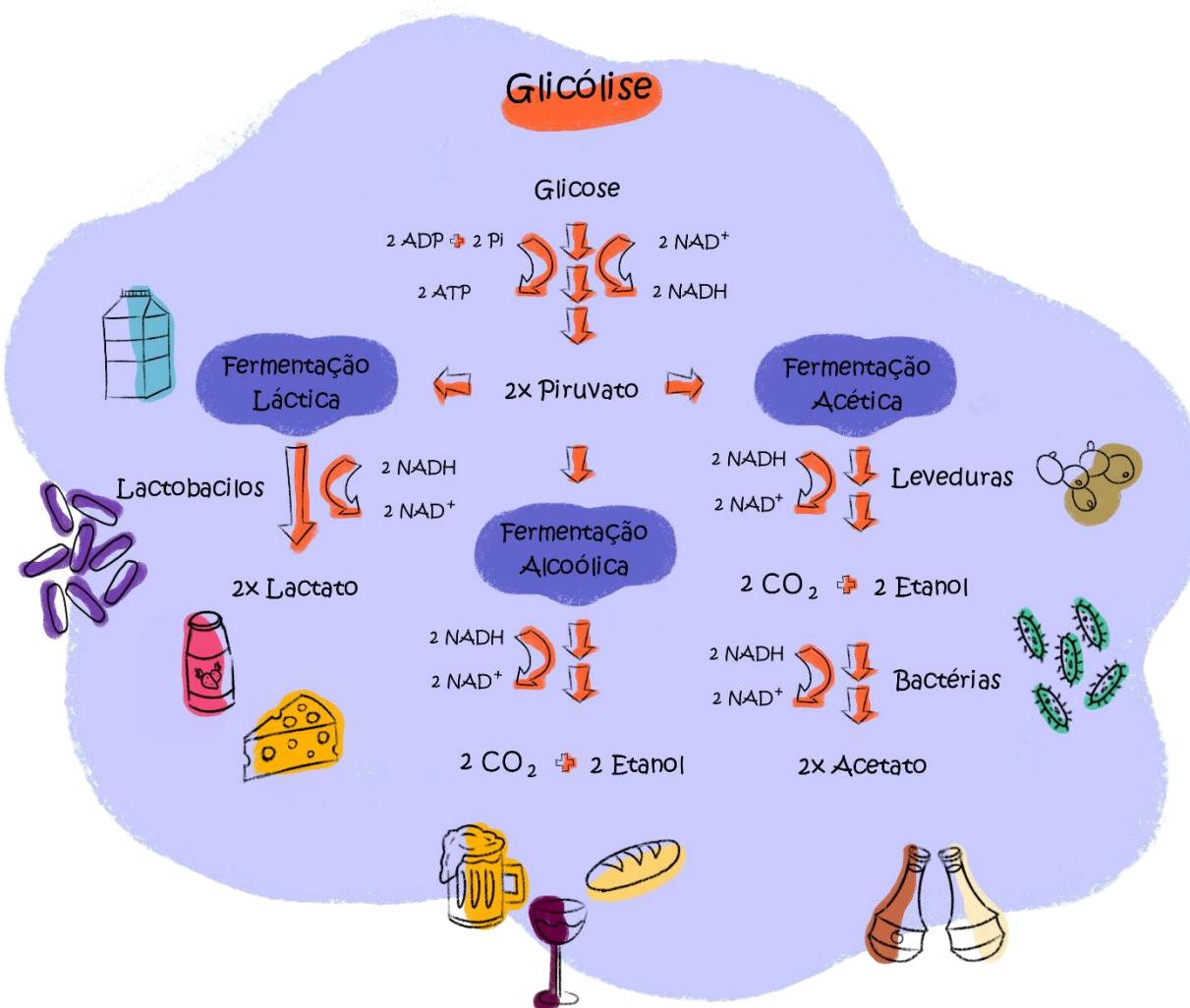


Figura 6: Representação esquemática da Glicólise/Fermentações.

A Bioquímica é, portanto, uma área complexa que demanda abordagens variadas a fim de garantir a aprendizagem significativa para alunos com necessidades e características

diferentes, incluindo conteúdos que permitem uma abordagem investigativa e participativa, com ludicidade e criatividade, entremeados por conteúdos que precisam de mais foco e memorização. Cabe ao professor fazer um diagnóstico dos alunos e desenvolver estratégias capazes de atingir a maioria dos tópicos de forma satisfatória.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstra a importância de utilizar estratégias metodológicas participativas e investigativas para o ensino de Bioquímica na educação básica, sempre levando em consideração a necessidade de desenvolver atividades que considerem as bases neurocientíficas da aprendizagem (atenção, emoção e motivação).

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro, Código do Financiamento 001, e ao PROFBIO, pelo apoio e oportunidade de realização deste trabalho; à PROEX-UFMG, ao CENEX-ICB e ao projeto Dimensões (SIEX: 404313) pela colaboração e enriquecimento deste artigo; e à Escola Estadual Professor Clóvis Salgado por proporcionar um ambiente saudável para a realização deste trabalho, acreditando que a educação também se faz com pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, N. R. d., & FILHO, A. V. d. M. (2015). **Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de bioquímica: Carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos.** *Revista de Ensino de Bioquímica*, v.13, n.3. [Acessado em 6 de setembro de 2022], Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/560/518>>

CARVALHO, F. A. H. de. **Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente.** Trabalho, Educação e Saúde [online]. 2010, v. 8, n. 3 [Acessado em 6 de setembro de 2022], pp. 537-550. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1981-77462010000300012>>. Epub 31 de maio de 2011. ISSN 1981-7746.

COSENZA, R.; GUERRA, L. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende.** Porto Alegre: Artmed, 2011.

DE ALCANTARA, Samara Silva et al. **“BioDomínio – Uma maneira divertida de trabalhar o conteúdo de Bioquímica.”** *Revista de Ensino de Bioquímica* (2022): v.20, n.1, pag.78-89.

FRANCO, L. G. & MUNFORD, D. (2020). **O Ensino de Ciências por investigação em construção: possibilidades de articulações entre domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico em sala de aula.** Revista Brasileira de Pesquisa em educação em Ciências, 20(u), 687-719. Disponível em: <<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>>.

FURTADO, A. & LEAL, C. & GOULART, G. & SANTOS, I. & SILVA, A. & REIS, I. & LAGES, I. & COELHO, H. & COSTA, C. & MACEDO, D. & SOUZA, J. & NUNES-RODRIGUES, M. (2022). **Bingo didático: um jogo para dinamizar o aprendizado da degradação oxidativa de carboidratos.** Revista de Ensino de Bioquímica. 20. 145-160. 10.16923/reb.v20i1.993.

LENT, R. **Neurociência da mente e do comportamento.** São Paulo: Atheneu, 2004.

MARTINS, Roberto Luvissuto, VEIGA-SANTOS, Priscila, CASTILHO, Sarah Gimenez. **Fermentação divertida:** introdução à ciência através de atividade culinária investigativa [recurso eletrônico] – 1. ed. – São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

SBARDELLATI, Christiane Rossi. **Análise de uma sequência didática sobre fermentação: interações discursivas e a elaboração do conhecimento.** Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa Associado de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática, 2017.

VOET, D.; VOET, J. G. **Bioquímica** [recurso eletrônico]. 4. ed. - Dados eletrônicos. Porto Alegre: Artmed, 2013.