

ANÁLISE DE UM ITEM DO ENEM DE 2015 SOBRE CÁLCULOS QUÍMICOS: O USO DA TRI COMO INDICADOR DA COGNIÇÃO DOS ESTUDANTES

Vinícius da Silva Carvalho ¹
Andréia Francisco Afonso ²

RESUMO

A análise de itens do Enem, por meio de modelos matemáticos da Teoria de Resposta ao Item, é uma prática pouco explorada e sugere possibilidades sobre o caminho cognitivo realizado pelos estudantes ao resolvê-los. Quando aliada às medidas educacionais, podemos identificar a etapa em que o estudante não consolidou o seu conhecimento. Para isso, aplicamos o método da triangulação, compreendendo que a escolha está na possibilidade de olhar para o objeto de pesquisa e entendê-lo para além de uma única perspectiva. Assim, realizamos um estudo a partir da análise do item 55 do caderno azul do Enem, edição de 2015, utilizando os parâmetros da TRI obtidos na base estatística de dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais e apoiados em referenciais teóricos sobre a aprendizagem dos cálculos químicos. A sentença descritora desse item é “Avaliar, por meio da operação de cálculos químicos, o ajuste de volume de solução de nitrato de cálcio necessária para o produtor adicionar no tanque de cinco mil litros.” A análise nos informa que este não foi um item fácil para os estudantes concluintes do Ensino Médio. As bisseriais apontam que estudantes com boa proficiência, em plena condição de acertar o item, mobilizam ações cognitivas que os direciona para as alternativas A, C, D e E, diferentes do gabarito B. Possivelmente, a proficiência desses estudantes não avança devido ao comprometimento em conceitos básicos da Química, tais como a nomenclatura de compostos químicos, o cálculo das massas molares e a relação de proporção entre as espécies em uma reação. Identificamos que os dados obtidos pela TRI corroboram com as discussões encontradas na literatura e que possuem a capacidade de apontar para os motivos do erro do estudante e transformá-lo em conhecimento pedagógico para o professor.

Palavras-chave: Cálculos químicos; Teoria de Resposta ao Item; Enem, Avaliação de larga escala, Devolutiva pedagógica

INTRODUÇÃO

¹ Pós-graduando no Programa de Pós graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, vinicius.scq@gmail.com;

² Professora e pesquisadora no Departamento de Química da Universidade Federal da Juiz de Fora- UFJF, andreaia.afonso@ufjf.br;

O "cálculo" nos remete aos cientistas Isacc Newton e Gottfried Wilhelm Leibniz, no século XVII (SILVA et al., 2016). Historicamente essa ferramenta passou a ser apropriada pelo campo do ensino de Matemática e tornou-se útil em diversos outros campos do saber, já que vem sendo utilizado para realizar análises qualitativas ou quantitativas, a partir das variações que ocorrem com fenômenos que abrigam uma ou mais componentes de natureza essencialmente física (ANTON et al. 2021). Entre esses campos do saber está a Química.

A Química é uma ciência que estuda a matéria e as modificações que ela sofre (ATKINS; JONES, 2012). Segundo Johnstone (1982), seu estudo se dá em três níveis: macroscópico, submicroscópico e simbólico. O campo macroscópico refere-se às transformações que ocorrem na matéria visíveis ao olho humano, tal como são as evidências observadas quando ocorre uma reação química. O nível submicroscópico estabelece uma projeção do rearranjo de átomos e moléculas, possibilitando assim, a tradução ou explicação dos fenômenos que ocorrem em nosso dia a dia. E por fim, o nível simbólico é aquele relacionado à linguagem química, ou seja, a capacidade de descrever os fenômenos por meio de termos, símbolos e equações matemáticas (ATKINS; JONES, 2012).

Nesse contexto, observa-se a necessária inter-relação entre o uso de símbolos e cálculos da Matemática para desenvolver conceitos da Química. Porém, promover essa relação tem sido um desafio para professores de Química em sala de aula, como aponta a literatura. A estequiometria, um dos objetos de conhecimento da Química, por exemplo, foi considerada nos estudos de Gomes e Macedo (2007) e Ferreira (2019), os quais revelaram que a dificuldades na compreensão dessa temática está no fato de o estudante realizar as operações matemáticas e não a relacionar a outros conceitos químicos. Isso tem impactado no desempenho escolar dos estudantes, quando necessitam realizar a transição dos conhecimentos entre os níveis já citados anteriormente (MELO; SILVA, 2019).

Para identificar essas e outras dificuldades provenientes dos processos de ensino e de aprendizagem da Química, consideramos a importância das avaliações. Para Luckesi (2005), as avaliações apresentam um papel importante no diagnóstico dessas deficiências, visto que esses resultados permitem a reorientação da aprendizagem do educando seja na sala de aula ou no sistema escolar.

Nesse sentido, este artigo discute os cálculos químicos, na perspectiva da análise de dados, presentes no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). O Enem é uma avaliação que trata as respostas dos estudantes pela metodologia da Teoria de Resposta ao Item (TRI), modelo

mais sofisticado que utiliza três parâmetros de informação, sendo eles a probabilidade de discriminação, da dificuldade e do acerto ao acaso e, por esse motivo, possibilita o acompanhamento das proficiências e o desempenho dos estudantes (ANDRADE et al 2000).

Esse acompanhamento tem como finalidade compreender e informar sobre as habilidades desenvolvidas pelos estudantes em um determinado momento, e, assim, acompanhar a sua evolução ao longo dos anos (KLEIN; FONTANIVE, 1995). Com isso, revela-se necessário explorar a leitura de dados estatísticos do Enem, no caso deste trabalho aqueles referentes aos cálculos químicos.

Portanto, a investigação que originou este trabalho, é um recorte de uma pesquisa de doutorado, em andamento, e tem como finalidade compreender como os estudantes, que concluem o Ensino Médio, mobilizam os conhecimentos da Química na resolução de situações-problema. Para isso, analisamos itens aplicados no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e realizamos a interpretação pedagógica desses itens, com base nos resultados obtidos por meio de modelos matemáticos da TRI.

Neste artigo, a escolha por cálculos químicos está relacionada a dois principais fatores, sendo eles:

1- Pela relevância em mobilizar operações matemáticas associadas a diversos conceitos da Química.

2- Por estar relacionado a estequiometria, um conceito que os estudantes concluintes do Ensino Médio, em 2015, demonstraram não ter proficiência suficiente para chegar ao gabarito dos itens analisados.

Assim, partindo desses dois fatores, realizamos uma devolutiva pedagógica sobre cálculos químicos para comunidade educacional, em diálogo com os dados obtidos da TRI, além de uma interpretação pedagógica dos itens com cálculos químicos.

METODOLOGIA

Para a interpretação pedagógica, houve a necessidade da integração das abordagens quantitativas e qualitativas para compor a natureza deste estudo. Para isso, aplicamos o método da triangulação, também conhecido por métodos mistos. Sobre os métodos mistos, Creswell e Clark (2015) caracterizam o método pela mistura de dois procedimentos metodológicos:

[...] o pesquisador coleta e analisa de modo persuasivo e rigoroso tanto os dados qualitativos quanto os quantitativos (tendo por base as questões de pesquisa); mistura (ou integra ou vincula) as duas formas de dados concomitantemente, combinando-os (ou misturando-os) de modo sequencial, fazendo um construir o outro ou incorporando um no outro; dá prioridade a uma ou a ambas as formas de dados (em termos do que a pesquisa enfatiza); usa esses procedimentos em um único estudo ou em múltiplas fases de um programa de estudo; estrutura esses procedimentos de acordo com visões de mundo filosóficas e lentes teóricas; e combina os procedimentos em projetos de pesquisa específicos que direcionam o plano para a condução do estudo (p. 22).

Compreendemos que a escolha por esse método não está na validade ou confluência dos resultados, mas sim na possibilidade de olhar para o objeto de pesquisa e entendê-lo, para além de uma única perspectiva. Para isso, o desenvolvimento deste estudo, ou seja, o percurso metodológico, foi delineado em duas etapas.

A primeira etapa consistiu na coleta dos dados quantitativos a partir da base de dados do Enem (MODESTO et al, 2006). Entendemos que essas bases devem promover o acesso e fornecer à sociedade informações atualizadas, precisas e confiáveis, atendendo às necessidades do público-alvo, além de criar uma memória científica a partir de mecanismos eficientes de recuperação desses registros.

Dessa forma, esta etapa do estudo se apoiou na consulta e no tratamento de informações da base de dados do Enem, disponibilizada pelo Inep. Essa base oferece diversas informações sobre o município, a inscrição da escola, se o estudante é concluinte do Ensino Médio ou se é um “treineiro” (estudante fora da etapa regular de ensino) e as estatísticas, como a porcentagem de acerto, os parâmetros a, b e c, as bisseriais e o ponto de ancoragem. A partir dessas informações, selecionamos as variáveis de interesse, que foram os estudantes concluintes do Ensino Médio, para identificar as habilidades de Química avaliadas pelo Enem na edição de 2015, que envolveram o conteúdo de cálculo químico. Esta metodologia foi baseada na pesquisa de Carlos (2017).

Para a segunda etapa aplicamos uma abordagem qualitativa, propondo a sentença descritora (habilidade) associada ao item selecionado e promovemos a sua resolução, propondo o caminho cognitivo que o estudante deveria ter realizado para chegar ao gabarito e os possíveis caminhos plausíveis para se chegar nos distratores (alternativas erradas).

Por meio dessas duas etapas, foi possível cruzar os dados quantitativos com os dados qualitativos e assim, produzir discussões acerca dos caminhos cognitivos mobilizados pelos estudantes sobre cálculos químicos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (1996), espera-se que os estudantes concluintes do Ensino Médio

[...] compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada para que assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia, da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos (Brasil, 1996).

Os autores Nery, Liegel e Fernandez (2007), em uma análise crítica sobre os resultados de avaliações, compreenderam que os objetivos previstos na LDB (1996) foram superestimados, pois observaram que no Brasil, os estudantes naquele tempo, ao concluírem o Ensino Médio, já apresentavam falhas em operações complexas e demonstravam conseguir de forma efetiva reconhecer a terminologia química e operar cálculos matemáticos sem, no entanto, ter um entendimento adequado dos conceitos químicos, para além de algumas definições memorizadas. No entanto, há ausência de monitoramento do ensino e da aprendizagem em Química por parte do estado ao longo dos anos e, além disso, não se observa na literatura análises ou relatos de professores de química nesse sentido.

Nesse contexto, daremos ênfase aos cálculos químicos, que uma vez aprendidos, podem contribuir para o entendimento da proporcionalidade presente nos processos tecnológicos, elaboração de medicamentos, alimentos e preparação de soluções domésticas, entre outras aplicações do cotidiano (FERREIRA; VASCONCELOS, 2016). Portanto, a presença dos cálculos nas aulas de Química é uma realidade.

Contudo, a aprendizagem dos estudantes tem se demonstrado insuficiente nesse conteúdo (DRESSLER; ROBAINA, 2012). Novais e Antunes (2016) apontam que a inter-relação da química e a matemática tem se tornado difícil para os estudantes do Ensino Médio, pois eles precisam aprender, nos três últimos anos antes de concluir a etapa final do ciclo básico escolar, ou seja, em pouquíssimo tempo, todos os conceitos da química e mobilizá-los em operações matemáticas em diferentes situações problemas, desde as mais simples até as mais complexas.

Em relação aos cálculos químicos, notamos na literatura dois principais fatores que levam os estudantes a terem dificuldades durante a aprendizagem, sendo um deles elucidado por Leite e Soares (2018), quando afirmam que a utilização excessiva de fórmulas pode levá-los ao desenvolvimento da memorização, e assim, limitar a sua visão em relação aos conceitos químicos envolvidos nos processos. O segundo fator está nas relações pedagógicas, que, para

dar sentido ao que é ensinado no Ensino Médio, por vezes, são excluídas as definições matemáticas, e por isso, os conceitos são trabalhados de modo fragmentado e com definições superficiais (MORTIMER et al.; 2011).

Yamaguchi e Nunes (2019) analisaram a dificuldade dos estudantes do Ensino Médio nos conceitos envolvidos em processos de oxirredução e de estequiometria e identificaram que um dos principais problemas conceituais se encontram nas operações matemáticas para identificar as espécies oxidadas e reduzidas. Para solucionar esse obstáculo, os autores propõem o uso da experimentação.

Destacamos também o trabalho dos autores Reis et al. (2021), que propuseram o uso de feijões como analogia para superar os conceitos básicos e abstratos da Química e, a partir disso, ensinar o conceito da grandeza quantidade de matéria (mol) para introduzir o conteúdo de cálculos químicos.

Outras metodologias são sugeridas para estimular o ensino deste conteúdo, como é observado na pesquisa de Squizani e Santos (2011), ao integrar teoria, prática e tecnologias para tornar as aulas mais acessíveis e atrativas. No mesmo sentido, observa-se o uso de jogo didático no trabalho de Lopes e Pinto (2019), que propõe trabalhar o conteúdo das relações numéricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O item apresentado neste capítulo demonstrou ser o que exigiu maior proficiência dos estudantes concluintes do Ensino Médio da edição de 2015, comparando o parâmetro b obtido pela Teoria de Resposta ao Item com os demais. Esse item avaliou a habilidade H27: “*Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.*”. Após fazer a leitura e a resolução do item 55, entendemos que ele avaliou a habilidade do estudante em: “*Avaliar, por meio de cálculos químicos, o ajuste no volume da solução de nitrato de cálcio necessário para o tanque de cinco mil litros.*”.

Figura 1: Questão 55 do caderno azul da edição de 2015 do Enem

A hidroponia pode ser definida como uma técnica de produção de vegetais sem necessariamente a presença de solo. Uma das formas de implementação é manter as plantas com suas raízes suspensas em meio líquido, de onde retiram os nutrientes essenciais. Suponha que um produtor de rúcula hidropônica precise ajustar a concentração do íon nitrato (NO_3^-) para 0,009 mol/L em um tanque de 5 000 litros e, para tanto, tem em mãos uma solução comercial nutritiva de nitrato de cálcio 90 g/L. As massas molares dos elementos N, O e Ca são iguais a 14 g/mol, 16 g/mol e 40 g/mol, respectivamente.

Qual o valor mais próximo do volume da solução nutritiva, em litros, que o produtor deve adicionar ao tanque?

- A 26
- B 41
- C 45
- D 51
- E 82

Fonte: Inep, 2015.

Para resolver esse item, os 20,54% dos estudantes que optaram pela alternativa B, o gabarito, calcula a massa molar do nitrato de cálcio, compreende a proporção estequiométrica envolvida na formação da substância e faz o ajuste da concentração para o volume do tanque do produtor e em seguida, determina o novo volume de solução nutritiva.

Em cálculos químicos, a solução ocorre:

$$\frac{164g}{2 mol} \cdot \frac{1L}{90g} \cdot 45 mol = 41 L$$

Na alternativa A, 16,75% dos estudantes, possivelmente, conhecem a fórmula do nitrato de cálcio para calcular a sua massa molar, mas na hora de operar não multiplica por dois as massas dos oxigênios e os nitrogênios. Além disso, na dissociação, compreendem que a proporção é de 1Ca^+ para 2NO_3^- e por isso, propõe um equivalente de dois mols da substância. Dessa forma, erram o cálculo da massa molar e a relação equivalente e assim, obtém dados inconsistentes para solucionar o caso do produtor.

$$\frac{102g}{2 mol} \cdot \frac{1L}{90g} \cdot 45 mol = 25,5 L$$

Nota-se que alunos que optaram pela alternativa A, necessitam resgatar a compreensão que em nível submicroscópico, a massa molar é a massa (em gramas) de um mol de substância (elemento, íons etc.), e o mol tem uma quantidade de átomos com a massa em gramas igual à massa atômica.

Para a alternativa C, os 27,30% dos concluintes do Ensino Médio, provavelmente, mobilizam apenas relações matemáticas e desconsideram informações relevantes para solução do problema, como a presença do nitrato de cálcio. Assim, operam cálculos para encontrar um valor da quantidade de matéria presente no tanque a partir da concentração dada e não do seu volume.

$$\frac{0,009 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \cdot 5000 \text{ L} = 45 \text{ mol}$$

Uma possível devolutiva aos professores de química a respeito dos alunos que optaram pela alternativa C é, possivelmente, atenção ao mencionar que a química opera o método matemático da regra de três para encontrar valores desconhecidos, desconsiderando o pensamento químico envolvido na solução da situação – problema.

Já a letra D, os 22,05% dos estudantes, possivelmente, confundem a fórmula do nitrato de cálcio e o considera como CaNO_3 . A partir disso, operam os cálculos da seguinte forma.

$$\frac{102 \text{ g}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{90 \text{ g}} \cdot 45 \text{ mol} = 51 \text{ L}$$

Nessa alternativa, nota-se que os alunos precisam resgatar o conhecimento de nomenclatura de sais, possivelmente, de ácidos, bases e óxidos, pré-requisito para interpretar atividades e resolver problemas nesse contexto.

Por fim, os 12,91% dos estudantes que optaram pela alternativa E, não consideraram a proporção (1:2), propondo o balanceamento inequívoco ou deixando margem para entender que não sabem realizar este procedimento. Nessa alternativa, os alunos devem atentar-se para as transformações químicas, tal como no balanceamento de massa para compreender a conservação da matéria.

$$\frac{164 \text{ g}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{90 \text{ g}} \cdot 45 \text{ mol} = 82 \text{ L}$$

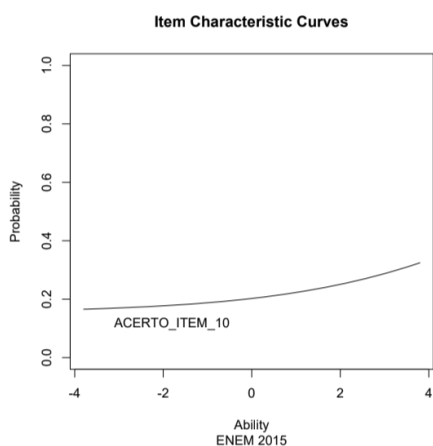
Ferreira (2019) diz que na estequiometria, os cálculos químicos são, em grande parte, mobilizados como meras regras de três e desconsideram conceitos básicos da Química como transformações da matéria, representações em reações químicas, balanço de massa, reconhecimento de símbolos e termos próprios da química além das propriedades dos elementos.

Como vimos na análise pedagógica, este não foi um item fácil para os estudantes concluintes do Ensino Médio em 2015. A estatística também nos diz isso. As bisseriais apontam

que estudantes com boa proficiência, em plena condição de acertar o item, mobilizam as ações que apresentamos para as alternativas A, C, D e E. Diferentes do gabarito B. Em resumo, o desempenho desses estudantes não avança devido ao comprometimento em nomenclatura de compostos, no cálculo das massas molares e na hora de atribuir relação de proporção entre as espécies em uma reação.

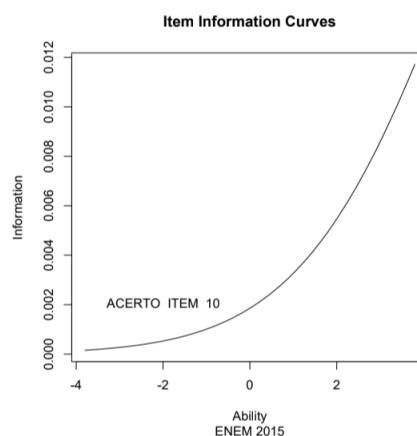
Os dados estatísticos da TRI também sinalizam que o item não está compatível com o conhecimento da população medida. Identificamos que o parâmetro **a** obteve valor de 0,005, o parâmetro **b** de 1034,2 e o parâmetro **c** de 0,153. Para melhor representar esses dados, construímos a Curva Característica do Item do item 55 (Figura 2) e a Curva Informação do Item (Figura 3), para que pudéssemos observar melhor o comportamento desses parâmetros.

Figura 2: CCI do item 55 (posição 10) do caderno azul da edição de 2015 do Enem



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3: CII do item 55 (posição 10) do caderno azul da edição de 2015 do Enem



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base na inclinação da curva da CCI, é possível notar um grave problema na função de discriminação do item pelo baixo valor do parâmetro **a**. Significa que estudantes com bom desempenho estão errando o item. Em nossa análise, o item não apresentou problemas conceituais ou de estrutura que induzam os estudantes a marcar alternativa errada. Como já sinalizamos, vale utilizar os dados para repensar os atos pedagógicos trabalhados em sala de aula.

O valor do parâmetro **b** aponta para a dificuldade do item e, nesta edição, demonstrou ser o item de Química que apresentou maior valor para dificuldade, dentre os demais. Um valor que extrapolou os 1000 pontos. O eixo y, por meio do parâmetro **c** de 0,153 da CCI, informa

que há baixa probabilidade de ter estudantes com baixa proficiência acertando ao acaso. Nota-se que o item não responde a maior parte da população avaliada. Pela CII, é possível notar que esse item funciona bem para os estudantes que apresentam proficiência acima de 500 pontos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cálculos químicos tem se apresentado como um obstáculo para diversos conceitos da Química. Grande parte desses problemas está na transposição das operações matemáticas para a interpretação dos fenômenos químicos, seja na quantificação de material ou na interpretação em nível submicroscópico.

Nota-se na literatura, trabalhos que não discorrem diretamente sobre cálculos químicos, contudo nota-se que foram o obstáculo recorrente quando perpassam conceitos como oxirredução, estequiometria, soluções entre outros. Para superar esses obstáculos, as pesquisas apresentadas propõem metodologias de ensino ao trabalhar cálculos químicos em sala de aula. Nota-se que a dificuldade é acentuada quando cálculos químicos são reconhecidos como sinônimos de cálculos matemáticos na Educação Básica.

Por não identificar na literatura uma definição clara sobre cálculos químicos, entendemos, por contexto, experiência e devolutiva pedagógica, que eles são entendidos como operações matemáticas que manipulam e devem ser interpretados pelos conhecimentos próprios da Química.

A partir dessa perspectiva, a devolutiva pedagógica, por meio de modelos matemáticos da Teoria de Resposta ao Item, tem se revelado como uma ferramenta interessante para observar, de modo analítico, o caminho cognitivo que o estudante realiza ao ser desafiado para resolver uma situação-problema. Nesse viés, para além das observações de sala de aula, lançamos outra ferramenta que corrobora com as discussões encontradas na literatura e que possui a capacidade de apontar para o erro do estudante e transformá-lo em conhecimento para o professor.

A ausência do pensamento químico leva estudantes a terem dificuldades na condução das operações matemáticas. Entendemos que o uso de expressões matemáticas sem o entendimento dos conceitos químicos são apenas cálculos matemáticos e não cálculos

químicos. Portanto, é preciso problematizar a aprendizagem desse conteúdo na Educação Básica e o ensino de cálculos químicos na formação docente.

Por fim, consideramos relevante este formato de devolutiva pedagógica de avaliações de larga escala, uma vez que, de posse desses dados, o professor poderá antecipar uma solução, seja na mudança da concepção da própria formação, no planejamento ou na incorporação da fala durante a aula, para resolver essas interpretações equivocadas dos estudantes sobre cálculos químicos.

REFERÊNCIAS

- ANTON, H; et al. **Calculus**. John Wiley & Sons, 2021.
- ATKINS, P; JONES, L. Princípios de Química, 5a edição. 2012.
- AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A.; CALUZI, J. J.; NARDI, R. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 277-289, 2004.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB: Lei 9.394/96 (1996).
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BROWN, T. L.; et al. Química: a ciência central. 2017.
- CARLOS, P. R. O. **Avaliações Externas De Grande Escala**. Clube de Autores, 2017.
- CIESLAK, A.M; REZENDE, V. A interdisciplinaridade entre matemática e química: primeiros resultados de uma pesquisa com o olhar para o ensino médio. XV Encontro paranaense de educação matemática, 2019. Disponível em:
http://www.sbemparana.com.br/eventos/index.php/EPREM/XV_EPREM/paper/viewFile/1221/917
- CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. Plano. **Pesquisa de Métodos Mistos-: Série Métodos de Pesquisa**. Penso Editora, 2015.
- ANDRADE, D. F; et al. Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações. **ABE, São Paulo**, 2000
- YAMAGUCHI, K. K. L; NUNES, A. E. C. Dificuldade em química e uso de atividades experimentais sob a perspectiva de docentes e alunos do ensino médio no interior do Amazonas (Coari). **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 2, 2019.
- FERREIRA, K. M; VASCONCELOS, T. H. O efeito de uma sequência didática de cálculos químicos no contexto da EJA. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 12, n. 24, 2016.

DRESSLER, A.; ROBAÍNA, J. V. L. Ensino de Estequiometria através de Práticas Pedagógicas. Porto Alegre, Anais 32ºEDEQ, 2012, p. 120-121, 2012

FERREIRA, J. W. O ensino de cálculo estequiométrico e a relação com o saber de licenciandos em Química. 2019.

GOMES, R. S; MACEDO, S. H. Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de Química. **Revista Vértices**, v. 9, n. 1/3, p. 149-160, 2007.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **Chemistry in Britain**, v. 18, n. 6, p. 409-410, 1982.

KLEIN, R; FONTANIVE, N. Avaliação em larga escala: uma proposta inovadora. **Em aberto**, v. 15, n. 66, 1995.

LEITE, M. B; SOARES, M. H. F. B. Cálculos químicos nos capítulos de solução e estequiometria em livros didáticos de química aprovados pelo PNLD/2012/2015. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 2, n. 1, 2018.

LUCKESI, C. C. Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática. In: **Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática**. 2005. p. 115-115.

LUCKESI, C. C. **Avaliação em educação: questões epistemológicas e práticas**. Cortez Editora, 2022.

MELO, M. S; SILVA, R. R. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, v. 9, n. 5, p. 301-330, 2019.

MODESTO, F.; et al. Base de Dados. 2006.

NERY, A, L, P.; LIEGEL, R, M.; FERNANDEZ, C. Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 6, Nº3, p. 587-600, 2007

REIS, Raíssa Almeida Souza et al. O uso da analogia “Mol de Feijões” como instrumento didático para iniciação do ensino de cálculos químicos no ensino médio. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, 2021.

MORTIMER, E et al.. Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. **Studies in Science Education**, v. 47, n. 1, p. 3-36, 2011.

SILVA, A. S. et al.. Uma breve história sobre o cálculo. Anais III CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em:

<<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/22374>>. Acesso em: 22/05/2023 13:27

SILVA, K. A. P. et al. A percepção da matemática em livros didáticos de química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 21, 2019.

SQUIZANI, Elisandra Gomes. Integrando mídias digitais no estudo dos cálculos químicos. 2011.