

Os desafios para aprendizagem e as estratégias para o ensino de estequiometria de reações: uma revisão sistemática de literatura

Learning challenges and strategies for teaching reaction stoichiometry: a systematic literature review

Franciele Tatiana Haupt

Universidade Federal do rio Grande do Sul
fran.haupt@hotmail.com

Daniele Trajano raupp

Universidade Federal do rio Grande do Sul
daniele.raupp@ufrgs.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão sistemática de literatura acerca das dificuldades e estratégias relatadas para o ensino e aprendizagem de estequiometria de reações. O método de busca consistiu em periódicos em português ou espanhol com Qualis A1 e A2 na área de ensino, publicados na última década, além da Química Nova na Escola. Foram incluídos os estudos que contemplavam estequiometria com tema central e excluídos os que não abordavam estratégias de ensino ou dificuldades de aprendizagem. Baseado na Análise de Conteúdo, o processo analítico dos seis artigos selecionados indica que a falta de domínio da linguagem matemática, a dificuldade de compreender as diferentes grandezas químicas, além das concepções alternativas sobre conceitos básicos necessários para entendimento das relações estequiométricas se traduzem na falta de compreensão conceitual do tema. Para superar tais dificuldades são sugeridas estratégias como uso de abordagem contextualizada, jogos didáticos, resolução de problemas e atividades experimentais.

Palavras-chave: ensino de química, estratégias de ensino, cálculo estequiométrico.

Abstract

The aim of this paper is to present a systematic literature review about the difficulties and strategies reported for teaching and learning reaction stoichiometry. The search method consisted of journals in Portuguese or Spanish with Qualis/CAPES evaluation rating of A1 and A2 in the field of Science Education, published in the last decade, in addition to the Journal "Química Nova na Escola". Studies that treated stoichiometry as the main theme were included and those that did not address teaching strategies or learning difficulties were excluded. Based on Content Analysis,

the analytical process of the six selected articles indicates that the lack of mastery of the mathematical language, the difficulty of understanding the different chemical quantities, in addition to the alternative conceptions about basic concepts necessary to understand the stoichiometric relationships are translated into the lack of conceptual understanding of the topic. To overcome such difficulties, strategies such as using a contextualized approach, educational games, problem solving and experimental activities are suggested.

Key words: chemistry teaching, teaching strategies, stoichiometric calculation.

Introdução

O conceito de estequiometria (do grego *stoicheion* = elemento e *metria* = medida) é a base para o entendimento da diferença entre a química quantitativa e a qualitativa (MENDES; SANTANA; JÚNIOR, 2017). Assim, a estequiometria é compreendida como o campo da química "que lida com as relações quantitativas das transformações químicas que estão implícitas nas fórmulas e nas equações químicas" (DOS SANTOS; DA SILVA, 2014, p.134).

Para se compreender a quantidade de matérias envolvidas em uma reação química é essencial saber expressar as quantidades de uma substância em massa, número de mols, em volume de líquido, em volume de gás nas diversas condições de temperatura e de pressão e em volume de solução. A interpretação correta de uma equação de reação química é fundamental para o estudo dos cálculos que determinam as quantidades de substâncias envolvidas (BELTRAN; CISCATO, 1999), uma vez muitos outros conceitos de química envolvem o domínio da compreensão das equações químicas e de cálculos provenientes da estequiometria.

Dentre os tópicos desafiadores no ensino de Química, a estequiometria de reações é um ponto crítico, especialmente quando se trata de entender como funcionam as reações e, particularmente, a diferença entre condições de reação estequiométrica e não estequiométrica, também conhecida como "estequiometria do reagente limitante" (LE MARIE *et al.*, 2018). O reagente limitante de uma reação é aquele que é consumido completamente ao término da reação química e que determina a quantidade máxima de produto que pode ser formado, enquanto os demais reagentes estão em excesso (ATKINS, 2018). Muitos dos erros comuns cometidos pelos alunos ao determinar a quantidade de produto formado envolvem: reconhecer erroneamente o reagente que está em menor quantidade como sendo o reagente limitante; calcular a quantidade de produto como sendo um somatório das quantidades de reagentes, não considerando o rearranjos dos átomos nas moléculas durante a reação química; resolver o problema diretamente com quantidade em gramas, não convertendo para número de mols; não perceber que haverá algum excesso de reagente no final da reação; e não atribuir os coeficientes aos reagentes descritos (SOSTARECZ ; SOSTARECZ, 2012).

Diversos autores apontam o ensino de estequiometria como um dos tópicos mais difíceis de serem compreendidos pelos alunos. Segundo Pio (2006 *apud* DA COSTA; SOUZA, 2013), o desenvolvimento do cálculo estequiométrico engloba três linguagens: matemática (aritmética e proporção), física (unidades de medida) e

química (simbologia, grandezas e equações químicas). Outro fator está relacionado com a complexidade do vocabulário químico associado a problemas estequiométricos, que pode impedir que os alunos usem operações matemáticas simples para resolvê-los (LE MAIRE et. al; 2018). Da Costa e Souza (2013) ainda afirmam que a dificuldade dos alunos normalmente está relacionada à forma como o conteúdo é abordado, com enfoque no aspecto matemático em detrimento de uma interpretação química, levando a uma mecanização dos procedimentos para a solução de problemas envolvendo aspectos quantitativos dos fenômenos químicos.

Metodologia

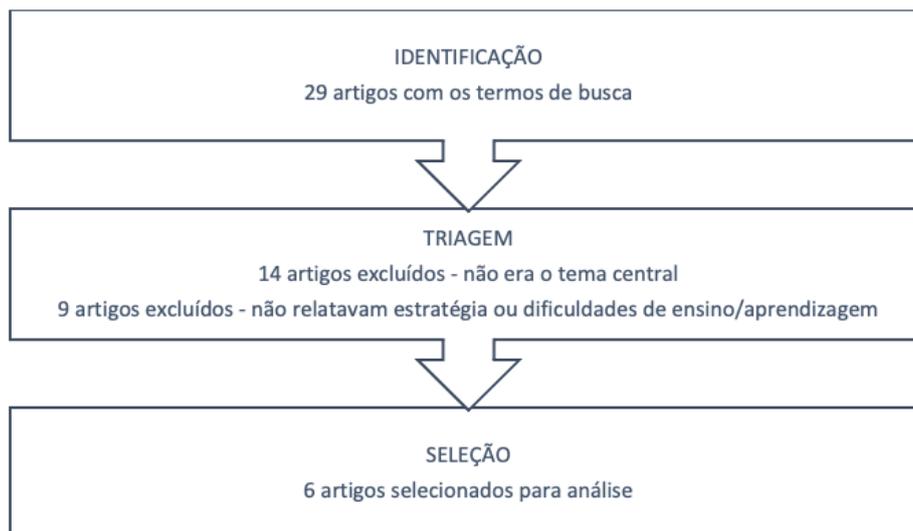
Para compreender as estratégias para o ensino e as dificuldades de aprendizagem relatadas por pesquisadores, principalmente dentro do contexto latino-americano, foi realizada uma revisão sistemática de literatura em periódicos nacionais compreendendo as etapas a) elaboração da pergunta de investigação, b) definição do método de busca, c) determinação dos critérios de inclusão e exclusão de documentos, e d) análise da relevância da literatura encontrada para esse trabalho (SAMPAIO; MANCINI, 2007).

A pergunta de investigação, que norteou essa revisão foi: Quais as dificuldades e as estratégias relatadas para o ensino e aprendizagem de estequiometria? A busca por documentos foi executada em periódicos com Qualis A1 e A2 na área de ensino (quadriênio 2013-2016) além do periódico Química Nova na Escola, por ser um importante meio de pesquisa para professores de química da Educação Básica (COLEN, 2012). A estratégia de busca utilizada foi procurar as palavras-chave “cálculo estequiométrico *or* estequiometria *or* stoichiometry”, tendo como escopo o texto completo. Para a seleção foram adotados quatro critérios de inclusão: contemplar a estequiometria como um dos temas centrais, apresentar elementos que possam ser considerados como estratégia ou tema para o ensino desse conteúdo, estar publicado na língua portuguesa ou espanhola e recorte temporal de 10 anos (2000-2019). Foram adotados como critérios de exclusão: estudos que não contemplavam a estequiometria como tema central, estudos que não discutiam estratégias de ensino e/ou dificuldades de aprendizagem específicas desse conteúdo.

A busca foi realizada diretamente nas plataformas dos periódicos e 29 artigos foram identificados nos periódicos Acta Scientiae, Ciência & Educação, Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia e Química Nova na Escola. Além dos periódicos listados, foram consultados: Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências, Alexandria, Investigações em Ensino de Ciências, Contexto & Educação, Revista Brasileira de Educação em Ciências, Revista de Educação, Ciências e Matemática; porém nenhum artigo com as palavras-chave foi encontrado.

Os artigos foram examinados com base na análise de conteúdo de Bardin (2016), compreendendo as fases: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. A pré-análise constitui-se da triagem dos artigos, na qual 23 foram excluídos por não estarem de acordo com os critérios definidos. A dinâmica de seleção dos estudos, bem como as causas de exclusão estão descritas na Figura 1.

Figura 1: Seleção dos artigos



Fonte: Autoras (2021)

Após a seleção, passou-se à etapa de análise da relevância da literatura para essa pesquisa, compreendendo os estágios de exploração do material e tratamento dos resultados. Para tanto, realizou-se meio da leitura detalhada dos 6 artigos que integraram o *corpus* de pesquisa. Utilizando o método das categorias no qual, de acordo com Laville e Dionne (1999) os dados são agrupados por semelhança de sentido e organizados em categorias analíticas.

Resultados e Discussão

Buscou-se identificar o direcionamento do artigo (se teórico ou empírico), o nível de ensino contemplado, se o mesmo apresentava alguma estratégia de ensino para estequiometria e por fim, se os autores relatavam alguma dificuldade acerca da aprendizagem dos alunos. Um resumo

Tabela 1: Caracterização e categorização dos artigos analisados

Nº	Autor(es)	Ano	Revista /Qualis	Título	Direcionamento	Nível	Estratégia de ensino	Dificuldade relatada
1	Lívia Cristina dos Santos; Márcia Gorette Lima da Silva	2014	Acta Scientiae A2	Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria	Empírico	Ensino Superior	-	Dificuldade de abstração e transição entre os níveis de representação; a grandeza da Constante de Avogrado; a confusão entre mol/quantidade de matéria/Constante de Avogrado/massa molar e as dificuldades no manejo de técnicas matemáticas.
2	Lydia Raquel Galagovsky; María Angélica Di Giacomo; Salvador Alí	2015	Ciência & Educação A1	Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto.	Teórico	Ensino Superior	-	Confusão do modelo macroscópico da Lei de Conservação das massas e o conceito submicroscópico de conservação de número de átomos em uma reação balanceada.
3	Lydia Galagovsky; Jimena Giudice	2015	Ciência & Educação A1	Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos.	Teórico	Ensino Superior	-	Ensino com foco cálculos e procedimentos algorítmicos em detrimento do desenvolvido um “pensamento conceitual” sobre a estequiometria.
4	Fidel Antonio Cárdenas	2006	Ciência & Educação A1	Dificultades de aprendizaje en química: caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas.	Empírico	Ensino Superior	-	A sobrecarga de instruções na memória de trabalho e familiarização insuficiente com as operações básicas necessárias para resolver o problema.
5	Ana Alice Farias da Costa; Jorge Raimundo da Trindade Souza	2013	Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas A2	Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico.	Empírico	Ensino Médio	Contextualização e jogos didáticos	Falta de base matemática, dificuldades de interpretação de dados e falta de interesse dos alunos; aspectos matemáticos, falta de dinamismo, de exemplos e de aulas práticas acerca do conteúdo.
6	Verônica Tavares Santos Batinga; Francismar Martins Teixeira	2014	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia A2	A Abordagem de Resolução de Problemas por uma professora de Química: análise de um problema sobre a Combustão do Álcool envolvendo o conteúdo de Estequiometria.	Empírico	Ensino Médio	Resolução de Problemas e experimentação	Concepções alternativas sobre reação química resultam em dificuldade para a aprendizagem de estequiometria.

Fonte: Autoras (2021)

No artigo 1, os autores buscam identificar e avaliar as dificuldades na compreensão do conceito de estequiometria de licenciandos em Química utilizando uma prova pedagógica. Destacam a concepção de aparecimento/desaparecimento de matéria nas transformações químicas, desconsideração das proporções estequiométricas na representação e confusão da grandeza quantidade de matéria (DOS SANTOS; DA SILVA, 2014). Os autores ainda destacam a relevância da compreensão da estequiometria em função de sua vasta aplicação no contexto tecnológico.

Por exemplo, quando falamos em indústria química não há como não pensar em cálculos estequiométricos e o entendimento desse conceito está diretamente relacionado à compreensão de vários fenômenos que ocorrem ao nosso redor, sendo necessário para que os estudantes possam interpretar as transformações químicas em diferentes contextos. (DOS SANTOS; DA SILVA, 2014, p.134).

Os autores Galagovsky, Di Giacomo e Alí (2015) no artigo 2 analisam o tema estequiometria e sua relação com a Lei da Conservação da Massa, sob a ótica da análise comunicacional na busca da interpretação dos erros dos alunos. Afirmam que o discurso da Química é expresso em múltiplas linguagens para representar suas explicações abstratas: a linguagem verbal em explicações e textos; linguagem gráfica em desenhos e diagramas, tanto a nível macroscópico como atômico-molecular; linguagens matemáticas em equações e linguagem de fórmulas químicas em equações químicas etc. Ao analisar as respostas de alguns estudantes em uma avaliação de Química Geral, os autores apontam os obstáculos na discriminação do conceito de conservação de massa, principalmente em questões que envolvem reagente em excesso, uma vez os estudantes usam justificativas que negam o cumprimento da lei de conservação da massa. Segundo os autores, os currículos de disciplinas introdutórias dão ênfase a definições e processos algorítmicos de resolução de problemas com os quais um químico especialista está acostumado lidar, mas não tratam a forma como os químicos pensam, por abordarem os conceitos de forma simplificada.

No artigo 3 os autores focam no estudo teórico da resolução de problemas de estequiometria com diferentes linguagens químicas (questões clássicas e questões que envolvem desenhos com partículas para descrever os estados inicial e final de sistemas reagentes). Os autores analisaram dados coletados em duas pesquisas prévias que utilizaram esse mesmo modelo. Constataram que menos de 50% dos alunos que responderam ao problema “tradicional” responderam corretamente à questão “conceitual” de forma satisfatória. Concluem ainda que os estudantes universitários de primeiro nível estariam aprendendo a resolver problemas de estequiometria por meio de cálculos e procedimentos algorítmicos para os quais são treinados durante as aulas. No entanto, eles não estariam imaginando o que as reações significam no nível atômico-molecular. Segundo esses autores, os alunos que não conseguissem fazer uma correspondência entre os desenhos simbólicos e a equação química correspondente não teriam desenvolvido um “pensamento conceitual” sobre a estequiometria (GALAGOVSKY; GIUDICE, 2015).

Cárdenas (2006) no artigo 4 considera que as dificuldades de aprendizagem em tópicos como estequiometria, equação de estado, equilíbrio químico e soluções tampão, poderiam ser explicadas, em parte, levando-se em conta tanto fatores internos (capacidade de processar informações), quanto fatores externos (a própria natureza da Química). Em investigação usando testes padronizados aplicados na área de aprendizagem em Química para estabelecer a capacidade mental dos estudantes (exigem que o sujeito retenha ou memorize informações temporariamente e opere mentalmente sobre elas, ou seja, para processar essas informações), constatou-se que

mesmo os estudantes que apresentam valores elevados de capacidade mental, tiveram baixo rendimento ao realizar as questões propostas. Ao analisar tais questões, em particular as do exame final da disciplina de Química Geral, verificou-se que estavam relacionadas com os temas que os alunos consideravam mais difíceis. Assim a confluência desses fatores internos e externos é proposta como uma possível explicação para o grau de aprendizagem dos sujeitos da pesquisa. A sobrecarga de instruções na memória de trabalho ou familiarização insuficiente com as operações básicas necessárias para resolver o problema foram destacadas pelos autores como as principais dificuldades relacionadas à aprendizagem.

As dificuldades de aprendizagem apontadas por Costa e Souza (2013) no artigo 5 estão relacionadas tanto às grandezas químicas quanto a interpretação de texto. Afirmam que os estudantes:

Além de não conseguirem relacionar grandezas e compreender o enunciado da questão, para fazer os cálculos, os alunos provavelmente memorizam, de uma maneira mecânica, os passos que o professor realiza ao resolver o problema. Assim, os alunos passam mais tempo decorando do que tentando entender os conteúdos e interpretar as situações (COSTA; SOUZA, 2013).

Os autores ainda aludem a maneira como o assunto é abordado, privilegiando os aspectos matemáticos em detrimento de uma interpretação química, o que gera uma mecanização dos procedimentos para a resolução de problemas de estequiometria. E, além do problema da abordagem, a própria dificuldade com conhecimentos básicos de matemática que os alunos apresentam.

No artigo 6 as autoras Batinga e Teixeira (2014) investigam como professora introduz a experimentação de forma articulada à resolução de problemas em aulas de química do ensino médio. O experimento combustão do álcool foi utilizado com o objetivo de introduzir o conteúdo de estequiometria em nível qualitativo. As autoras afirmam que “A compreensão dos alunos sobre o que é uma reação química é primordial para introdução do estudo da estequiometria.” (BATINGA; TEIXERA, 2014, p.42). Isso porque muitos estudantes possuem concepções alternativas sobre reação química e a falta de uma compreensão conceitual se estabelece como uma dificuldade para a aprendizagem de estequiometria.

Agradecimentos e apoios

PROPEQS - UFRGS

Considerações finais

De forma geral, ao concluir a revisão sistemática de literatura constata-se inicialmente um pequeno número de estudos que tem como foco principal a discussão do ensino de estequiometria. Nos estudos analisados percebe-se que as dificuldades de aprendizagem apontadas pelos autores envolvem, basicamente, questões relacionadas ao domínio da linguagem matemática, dificuldades de compreender e resolver problemas com uso de diferentes grandezas químicas, concepções alternativas sobre conceitos básicos necessários para entendimento das relações estequiométricas e falta de compreensão conceitual do tema. As estratégias de ensino envolvem a perspectiva de superar o enfoque meramente matemático em detrimento de uma interpretação química como forma de superar a mecanização dos procedimentos para a solução de problemas. Com o objetivo de vencer estes obstáculos, propõem o uso de jogos

pedagógicos, contextualização dos conceitos, resolução de problemas e experimentação como estratégias para o ensino.

Referências

- ATKINS, P. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2018. 9788582604625. Disponível em: <https://bridge.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582604625/>. Acesso em: 28 nov. 2020.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. 3ª Reimpressão. São Paulo: Edições, v. 70, 2016.
- BATINGA, Verônica Tavares Santos; TEIXEIRA, Francimar Martins. A Abordagem de Resolução de Problemas por uma professora de Química: análise de um problema sobre a Combustão do Álcool envolvendo o conteúdo de Estequiometria. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 1, 2014.
- GALAGOVSKY, Lydia; GIUDICE, Jimena. Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 1, p. 85-99, 2015.
- GALAGOVSKY, Lydia Raquel; DI GIACOMO, María Angélica; ALÍ, Salvador. Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 2, p. 351-360, 2015.
- BELTRAN, Nelson. Orlando; CISCATO, Carlos Alberto. **Coleção Magistério para o 2º Grau**, série Formação Geral: Química. Ed. Cortez, 2000.
- CÁRDENAS, Fidel Antonio. Dificultades de aprendizaje en química: caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. **Ciência & Educação (Bauru)**, p. 333-346, 2006.
- COLEN, Jesús. Anos de Química Nova na Escola: notas de alguém que a leu como estudante no ensino médio e no ensino superior com aspirações à docência. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 1, p. 16-20, 2012.
- DA COSTA, Ana Alice Farias; DA TRINDADE SOUZA, Jorge Raimundo. Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 10, n. 19, p. 106-116, 2013.
- DOS SANTOS, Livia Cristina; DA SILVA, Marcia Gorette Lima. Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria/Knowing the difficulties of learning in higher education for the concept of stoichiometry. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 1, p. 133-152, 2014.
- GALAGOVSKY, Lydia; GIUDICE, Jimena. Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 1, p. 85-99, 2015.
- GALAGOVSKY, Lydia Raquel; DI GIACOMO, María Angélica; ALÍ, Salvador. Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 2, p. 351-360, 2015.
- LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. **A Construção do Saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. (Revisão técnica e adaptação da obra de Lana Mara Siman). Editora UFMG, Porto Alegre, 1999.
- LE MAIRE, Nathalie V. et al. Clash of chemists: a gamified blog to master the concept of limiting reagent stoichiometry. **Journal of Chemical Education**, v.95, n.3, p. 410-415,

2018.

MENDES, Abinadabis; SANTANA, Genilson; JÚNIOR, Erasmo Pessoa. O uso do software PhEt como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação química. **Revista Areté/Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 8, n. 16, p. 52-60, 2017.

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SOSTARECZ, Michael C.; SOSTARECZ, Audra Goach. A conceptual approach to limiting-reagent problems. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 9, p. 1.148-1.151, 2012.