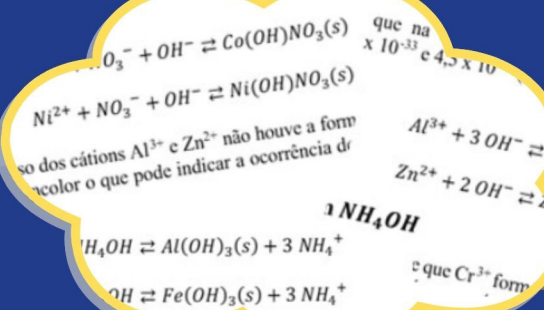


química
nova NA ESCOLA

Volume 48 • N° 3 • agosto 2026



EDITORES

Paulo Alves Porto (IQ-USP)
Salette Linhares Queiroz (IQSC-USP)

CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)
Antônio Francisco Carrelhas Cachapuz (UA - Aveiro, Portugal)
Attico Inacio Chassot (IPA - Porto Alegre, RS - Brasil)
Aureli Caamaño (UB - Barcelona, Espanha)
Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE - Recife, PE - Brasil)
Eduardo Fleury Mortimer (UFMG - Belo Horizonte, MG - Brasil)
Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)
Julio Cezar Foschini Lisboa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)
Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)
Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

ASSISTENTE EDITORIAL

Nássara Bárbara Mendes Tanabe

Química Nova na Escola é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Química que tem como local de publicação a sede da sociedade localizada no Instituto de Química da USP -

Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 superior, sala 371

05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Fone: (11) 3032-2299,

E-mail: qnesc@sbq.org.br

Química Nova na Escola na internet: <http://qnesc.sbq.org.br>

Indexada no: Chemical Abstracts, DOAJ, Latindex, EDUBASE, CCN/IBICT,
Portal de Periódicos da CAPES, Portal do Professor MEC,
Google Acadêmico e Unilibweb

Copyright © 2026 Sociedade Brasileira de Química

Para publicação, requer-se que os manuscritos submetidos a esta revista não tenham sido publicados anteriormente e não sejam submetidos ou publicados simultaneamente em outro periódico. Ao submeter o manuscrito, os autores concordam que o *copyright* de seu artigo seja transferido à Sociedade Brasileira de Química (SBQ), se e quando o artigo for aceito para publicação.

O *copyright* abrange direitos exclusivos de reprodução e distribuição dos artigos, inclusive separatas, reproduções fotográficas, microfilmes ou quaisquer outras reproduções de natureza similar, inclusive traduções. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em bancos de dados ou transmitida sob qualquer forma ou meio, seja eletrônico, eletrostático, mecânico, por fotocópia, gravação, mídia magnética ou algum outro modo com fins comerciais, sem permissão por escrito da detentora do *copyright*.

Embora todo esforço seja feito pela SBQ, Editores e Conselho Editorial para garantir que nenhum dado, opinião ou afirmativa errada ou enganosa apareçam nesta revista, deixa-se claro que o conteúdo dos artigos e propagandas aqui publicados são de responsabilidade, única e exclusivamente, dos respectivos autores e anunciantes envolvidos. Consequentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas consequências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

Licenças Creative Commons

Artigos de acesso aberto nas revistas da SBQ são publicados sob licenças *Creative Commons*. Essas licenças proveem um arranjo padrão do setor para apoiar o fácil reuso de material de acesso aberto.

Artigos na QNEsc são publicados sob uma licença CC BY-NC-ND (licença de Atribuição *Creative Commons* Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional). A licença CC BY-NC-ND é uma licença restrita. Esta licença permite aos leitores copiar e redistribuir o material em qualquer meio ou formato, sob condição de atribuir crédito ao autor original. Contudo, o material não pode ser usado para fins comerciais. Além disso, ao alterar, transformar, ou incrementar o material, os leitores não podem distribuir o material modificado.

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR



diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Espaço Aberto / Issues/Trends

- 255 Alto em Sódio: uma análise da complexidade dos argumentos à luz do Padrão de Argumento de Toulmin

High in sodium: an analysis of argument complexity in light of Toulmin's argument pattern

Wendel Menezes Ferreira, Verônica Tavares Santos Batinga e Adjane da Costa Tourinho e Silva

Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

- 265 Conceitos fundamentais em estequiometria: uma definição para rendimento e pureza

Fundamental concepts in stoichiometry: a definition for yield and purity

Rochele da S. Fernandes e José R. Gregório

- 272 Estequiometria em aulas de Química: um olhar para as compreensões e dificuldades dos estudantes

Stoichiometry in Chemistry classes: a look at students' understandings and difficulties

Tatiane Franco de Moraes Silva, Viviane Arrigo, Fabiele Cristiane Dias Broietti e Natany Dayani de Souza Assai

História da Química / History of Chemistry

- 281 Contribuições científicas de James Andrew Harris e de Clarice Phelps para a síntese de elementos químicos transurânicos

Scientific contributions of James Andrew Harris and Clarice Phelps to the synthesis of transuranic chemical elements

Richard Oliveira Sintra e Lucas dos Santos Fernandes

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

- 288 O processo de desenvolvimento da autonomia na Licenciatura em Química por meio de Projetos de Ensino de Ciências

The process of developing autonomy in the Chemistry Bachelor's Degree through Science Teaching Projects

Diane Mota Mello Freire e Marcelo Giordan

O Aluno em Foco / The Student in Focus

- 302 Modelagem em Foco: articulando experimentação, tecnologia e conceitos de oxirredução no Ensino Médio

Modelling in Focus: articulating experimentation, technology and oxidation-reduction concepts in High School

Aline Samara Lima de Jesus e Ettore Paredes Antunes

- 313 Minerando conhecimento em Kepler: um jogo educativo formalizado que desvenda a mineralogia para estudantes do Ensino Médio

Mining knowledge in Kepler: a formalized educational game that unveils mineralogy for High School students

Luisa Natalia Parra Sierra, Henrique Cesar Linhares Almeida e Maria das Graças Cleophas

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

- 327 Avaliando a relação entre pH e relevo: uma prática investigativa no ensino de química

Evaluating the pH-relief relationship: an investigative practice in chemistry teaching

Carolina Santos Bonfim e Roseline Beatriz Strieder

- 333 Aparato experimental aplicado ao ensino de estequiometria

Experimental apparatus applied to teach stoichiometry

Welica P. S. Freitas e Alem-Mar B. Gonçalves

Cadernos de Pesquisa / Research Letters

- 338 Textos de divulgação científica em ambientes de aprendizagem de ciências: uma revisão

Popular science texts in science learning environments: a review

Guilherme Balestero da Silva, Caio Moralez de Figueiredo e Salete Linhares Queiroz

- 354 Metodologias ativas no Ensino de Química: uma revisão integrativa

Active methodologies in Chemistry Teaching: an integrative review

Anike A. Arnaud

A memória e o presente

Quem é o patrono da escola em que você estudou (ou da escola em que você trabalha)? Pode ser algum nome de projeção nacional, como um político, um escritor, um educador... Ou talvez alguma figura local, como uma professora pioneira em sua comunidade. Seja quem for, a compreensão dos motivos da homenagem requer que a memória seja preservada. Registros como cartas, fotografias, livros, jornais, revistas, atas, apostilas, são fontes que registram o passado e nos ajudam a não o esquecer. No caso da escola, sua história se relaciona, de maneira mais ampla, com as histórias das políticas públicas locais e nacionais, da educação e do país. Quando pensamos no ensino de Química, podemos considerar a história dos equipamentos, dos laboratórios, dos experimentos, dos livros didáticos, dos currículos... e refletir sobre as mudanças ao longo do tempo.

A preservação da memória é importante para conhecer o passado, e por meio dele entender o presente e projetar nossas ações para o futuro – tendo em vista que a realidade local está conectada a contextos mais gerais. Infelizmente, nem sempre os documentos históricos, e a memória em si, recebem a devida atenção e cuidado. O excesso de informações a que estamos expostos pelas mídias contemporâneas podem fazer com que as pessoas se percam na tentativa de acompanhar o que ocorre em ritmo acelerado no presente, e assim se esqueçam do passado. Para piorar, o avanço da desinformação, propagada por grupos com interesses próprios, contribui para aumentar a confusão. Daí a importância de manter sempre viva a memória das instituições e também dos fatos: o preço de desconhecer o passado é abrir espaço para a circulação de narrativas simplificadoras, falsas continuidades e reconstruções convenientes.

Preservar a memória não significa saudosismo ou viver no passado, mas ter acesso a informações que permitam entender as origens da situação atual. Ainda que o conhecimento do passado não seja garantia contra a manipulação e a desinformação, ele nos oferece a possibilidade de avaliar narrativas com base em documentos, dados, evidências. Em vez de acreditar acriticamente que algo “nunca aconteceu”, que determinada política “sempre existiu”, que “antigamente é que era bom”, ou que determinado estado de coisas “sempre foi assim”, talvez seja útil perguntar: o que dizem as fontes? Em momentos nos quais precisamos fazer escolhas para os rumos futuros de políticas públicas para a educação, ciência e tecnologia, exercitar a consciência crítica aliada à memória não é apenas um exercício acadêmico, mas uma questão de sobrevivência.

Buscando sempre contribuir com o ensino de Química de nosso tempo, como vem fazendo há mais de trinta anos, *Química Nova na Escola* apresenta a seu público leitor uma nova edição. Neste número, um conceito fundamental da Química recebe atenção especial: três artigos abordam a estequiometria sob diferentes pontos de vista. Um deles, “Aparato experimental aplicado ao ensino de estequiometria”, apresenta um modelo prático que pode auxiliar a compreensão do conceito de conservação das massas e dos elementos químicos. Outro artigo, “Estequiometria em aulas de Química: um olhar para as compreensões e dificuldades dos estudantes”, focaliza um estudo de caso que permitiu identificar algumas dificuldades de aprendizagem e explorar o uso de situações-problema no ensino. O terceiro artigo trata de conceitos relacionados à estequiometria e discute a necessidade de esclarecer seus significados em contextos de ensino, como o leitor poderá ver em “Conceitos fundamentais em estequiometria: uma definição para rendimento e pureza”.

Tendências e referenciais bastante atuais no ensino de ciências estão presentes nesta edição. A argumentação como estratégia relevante em sala de aula é abordada no artigo “Alto em Sódio: uma análise da complexidade dos argumentos à luz do Padrão de Argumento de Toulmin”. A ludicidade mais uma vez marca presença, no artigo que propõe um jogo para introduzir conceitos de mineralogia sob o título “Minerando conhecimento em Kepler: um jogo educativo formalizado que desvende a mineralogia para estudantes do Ensino Médio”. Atividades em laboratório também são exploradas em abordagens que as integram a outras estratégias que valorizam o protagonismo dos estudantes – como a modelagem, no artigo “Modelagem em Foco: articulando experimentação, tecnologia e conceitos de oxirredução no Ensino Médio”, ou a investigação, no artigo “Avaliando a relação entre pH e relevo: uma prática investigativa no ensino de química”.

Os desafios da formação docente, em muito amplificados durante a pandemia de covid-19, são problematizados em um estudo de caso analisado no artigo “O processo de desenvolvimento da autonomia na Licenciatura em Química por meio de Projetos de Ensino de Ciências”. Na seção Cadernos de Pesquisa, dois artigos de revisão fornecem visões abrangentes sobre temáticas atuais: “Textos de divulgação científica em ambientes de aprendizagem de ciências: uma revisão” e “Metodologias ativas no Ensino de Química: uma revisão integrativa”.

Retornando ao tema da memória, o artigo intitulado “Contribuições científicas de James Andrew Harris e de Clarice Phelps para a síntese de elementos químicos transurânicos” registra o trabalho de dois cientistas negros que estiveram envolvidos na produção de novos elementos. Esse caso ilustra como a recorrente revisão das fontes documentais permite identificar e corrigir a invisibilização de certos grupos sociais, e trazer a discussão das relações étnico-raciais também para as aulas de Química.

Uma leitura proveitosa é o que desejamos a todo o público que prestigia a QNEsc com seu interesse!

Paulo Alves Porto 

Instituto de Química,

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil

Salete Linhares Queiroz 

Instituto de Química de São Carlos,

Universidade de São Paulo (USP), São Carlos-SP, Brasil

Editores de QNEsc

Alto em Sódio: uma análise da complexidade dos argumentos à luz do Padrão de Argumento de Toulmin

Wendel Menezes Ferreira, Verônica Tavares Santos Batinga e Adjane da Costa Tourinho e Silva

Este estudo analisou argumentos de estudantes da Educação Profissional e Tecnológica sobre a proibição da venda de alimentos com alto teor de sódio. A metodologia envolveu a aplicação de uma Questão Sociocientífica (QSC) com análise dos argumentos e contra-argumentos produzidos, em grupos, classificando-os conforme o Padrão de Argumento de Toulmin (TAP). Os resultados mostraram que os argumentos foram mais complexos (com combinações quádruplas e quántuplas), enquanto os contra-argumentos tenderam a estruturas básicas (tripas). Concluiu-se que, apesar da capacidade argumentativa apresentada, há necessidade de incentivar uma maior sofisticação dos argumentos produzidos, especialmente em relação à inserção de alguns elementos do TAP, como as refutações e os conhecimentos de base.

► argumentação, alto em sódio, questão sociocientífica ◀

Recebido em 27/08/2025; aceito em 15/12/2025

255

Introdução

O sódio mineral entra na rotina alimentar por meio da utilização do cloreto de sódio, também conhecido como sal de cozinha, um dos principais temperos caseiros, e pelo consumo de alimentos ultraprocessados (enlatados, embutidos, refrigerantes, salgadinhos etc.), ou seja, alimentos ricos em sódio, “um ingrediente fundamental na formulação de alimentos e bebidas industrializadas, com a função de realçar o sabor e conferir maior tempo de conservação” (Lui *et al.*, 2013, p. 59).

O sódio mineral é diferente do sódio elemento químico. O primeiro apresenta-se na forma iônica (Na^+) e o outro, como um metal (Na), do grupo dos alcalinos, altamente reativo e que não é encontrado puro na natureza. O mineral sódio, em sua forma iônica, tem funções vitais no organismo humano relacionadas: à manutenção e regulação dos líquidos corporais (dentro e fora das células), à transmissão de impulsos nervosos e contração muscular e, ainda, ao equilíbrio da pressão arterial (junto com outros eletrólitos). Por isto, o excesso de sódio mineral é, geralmente, associado a problemas de saúde, como por exemplo, a hipertensão arterial.

A hipertensão arterial sistêmica é considerada um potencial fator de risco cardiovascular para crianças,

adolescentes e adultos, principalmente por estar associada à presença de lesões ateroscleróticas precoces. Além disso, a pressão arterial elevada em populações pediátricas progride para hipertensão arterial em adultos (Ludwig e Guimarães, 2017, p. 188).

De acordo com Ludwig e Guimarães (2017) e Carvalho *et al.* (2015), pesquisas mostram que o consumo médio de sódio no Brasil é, aproximadamente, o dobro do valor máximo recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), 2000 mg, o que equivale a cerca de 5 g de sal de cozinha por dia, ou seja, uma colher de chá. Por isso, e também pela preocupação com as Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNT), diretamente ligadas ao consumo excessivo de sódio, como a hipertensão e as doenças cardiovasculares, vislumbrou-se a necessidade de intervenções de órgãos governamentais na promoção de uma alimentação saudável através de ações que auxiliem a população, por exemplo, a mensurar, de forma rápida e prática, a quantidade de sódio adicionada nos alimentos industrializados ou produzidos com temperos prontos.

É nesse contexto, que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) reafirma o máximo de 2000 mg de sódio diários, quantidade recomendada pela OMS, e institui, por meio da Instrução Normativa 75 de 8 de outubro de 2020, dentre outras, as seguintes normas: i) limites de sódio para

fins de rotulagem nutricional frontal de alimentos sólidos ou semissólidos (quantidade maior ou igual a 600 mg de sódio por 100 g do alimento) e líquidos (quantidade maior ou igual a 300 mg de sódio por 100 mL do alimento); e ii) os modelos (Figura 1) que devem ser usados em alimentos cujas quantidades de sódio sejam iguais ou superiores aos limites definidos no item anterior. Se, por outro lado, o produto não contiver cloreto de sódio, outros sais de sódio ou ingredientes que tenham sais de sódio adicionados, ele não pode apresentar a referida declaração de rotulagem nutricional frontal (Brasil, 2020).

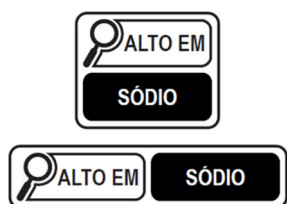


Figura 1: Modelos para declaração de rotulagem nutricional frontal. Fonte: Brasil, 2020.

A inserção da imagem da Figura 1, nos rótulos dos alimentos, é uma importante advertência ao “consumo excessivo de sal e, conseqüentemente, de sódio, [que] representa um grande desafio aos sistemas fisiológicos tendo em vista a necessidade contínua de eliminar pelos rins o sódio ingerido na dieta” (Mill *et al.*, 2021, p. 556). No entanto, não garante que a população compreenda o seu significado e rechace os alimentos com tal inscrição. De acordo com os resultados apresentados na pesquisa de Mill *et al.* (2021) sobre o consumo de sal na população brasileira, o país está bastante distante de atingir, voluntariamente, as metas de redução do consumo de sódio estabelecidas pela OMS e pelo Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das DCNT no Brasil.

Em virtude disso, os autores sugerem que talvez seja necessário “avançar nas medidas de regulação e controle de alimentos, [...], regulação da venda e publicidade de alimentos ultraprocessados e taxaço de alimentos e bebidas não saudáveis” (p. 564). Isto demandaria esforços, por exemplo, em ações coordenadas voltadas à regulação e ao monitoramento do cumprimento de acordos assinados com a indústria alimentícia e na implantação de ações educativas, envolvendo toda a população, para uma vida saudável (Mill *et al.*, 2021).

Abordar essa temática no ensino de Química por meio de discussões que favoreçam o conhecimento e o posicionamento crítico dos alunos torna-se relevante na perspectiva de um ensino voltado à alfabetização científica. Nessa direção, o uso de questões sociocientíficas que fomentam a elaboração de argumentos como modo de expressão de raciocínio e defesa de pontos de vista diante de uma audiência tem se mostrado uma estratégia frutífera (Jiménez-Aleixandre e Agraso, 2006; Mendes e Santos, 2013; Batinga e Barbosa, 2021; Oliveira *et al.*, 2021).

Assim sendo, investigou-se neste trabalho a seguinte

questão de pesquisa: quais são as combinações dos elementos do Padrão de Argumento de Toulmin mais frequentemente apresentadas pelos estudantes após as discussões de uma questão sociocientífica sobre a comercialização de alimentos com alto teor de sódio e os riscos do consumo excessivo de sal?

A partir disso, o objetivo deste estudo consiste em apresentar uma análise, utilizando o Padrão de Argumento de Toulmin, da complexidade dos argumentos produzidos por alunos da Educação Profissional e Tecnológica sobre a seguinte questão: Diante do crescente número de casos de hipertensão e doenças cardiovasculares associadas ao consumo excessivo de sal, o Estado deveria proibir totalmente a venda de alimentos industrializados com alto teor de sódio?

Padrão de Argumento de Toulmin

Em 1958, o filósofo britânico Stephen Edelston Toulmin desenvolveu um modelo argumentativo, conhecido como Padrão de Argumento de Toulmin (TAP, do inglês *Toulmin's Argument Pattern*), que, ao contrário dos modelos formais da lógica tradicional, se mostrou mais acessível e aplicável à análise da qualidade de argumentos apresentados em situações reais, como por exemplo, os dos alunos em contextos de ensino-aprendizagem.

Em seu livro “Os Usos do Argumento”, Toulmin (2001, p. 135) afirma que “um argumento é como um organismo: tem uma estrutura bruta, anatômica e, outra mais fina e, por assim dizer, fisiológica”. Em vista disso, um argumento, em sua estrutura bruta, precisa apresentar, pelo menos, uma afirmação ou conclusão (*claim*, C) que é o ponto central do argumento, em outras palavras, é uma asserção feita publicamente para obter aceitação coletiva; dados ou evidências (*grounds*, D) que servirão de apoio e/ou fundamento para a alegação; e uma justificativa ou garantia (*warrant*, W) que irá estabelecer a conexão entre o *claim* e os *grounds*, podendo aparecer de forma explícita ou implícita, mais comum.

Pelo que mostra Toulmin (2001), é possível apresentar um argumento que contenha apenas estes três elementos. Isto pode ser observado na Figura 2, que ilustra os elementos fundamentais de um argumento e suas interrelações.

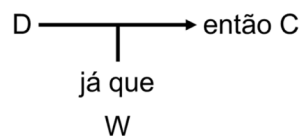


Figura 2: Padrão de Argumento de Toulmin (2001).

Segundo Toulmin (2001), o processo “se D, então C” pode ser expandido, com ganhos, em prol da neutralidade, da seguinte forma: “dados do tipo D nos dão o direito de tirar conclusões C (ou de fazer alegações C)” (p. 141) ou, ainda, a partir de um dado D, já ou considerando que W, então C. W é a garantia (de inferência) e ela pode estar presente com vieses diferentes. Algumas garantias permitem a aceitação de uma alegação de forma inequívoca, desde que os dados sejam adequados; outras, por sua vez, permitem apenas que

aconteça a transição provisória dos dados para a conclusão ou exigem certas condições, como por exemplo, o acréscimo de qualificadores (modais), tais como: “provavelmente” e “presumivelmente”.

A partir de então, dentro da estrutura fina do modelo de Toulmin, encontram-se outros elementos: o qualificador (*qualifier*, Q) que indica o grau de confiança que pode ser creditado à alegação; a refutação ou resposta contrária (*rebuttal*, R) que antecipa possíveis objeções ou aponta situações ou condições em que a alegação não poderia ser considerada válida; e o apoio ou conhecimento de base (*backing*, B) que fornece sustentação adicional às garantias e, geralmente, está baseado, por exemplo, em uma lei (jurídica ou científica), que fundamenta a garantia de inferência (Toulmin, 2001; Erduran et al., 2004; Sá, 2010).

À vista disso, os argumentos que apresentam um maior número de elementos podem ser considerados mais sofisticados (Sá et al., 2014), em outras palavras, um argumento que apresenta os três elementos básicos (CDW) é menos sofisticado do que outro que contém em sua estrutura, além de CDW, por exemplo, uma refutação (R). Esse ponto será discutido em mais detalhes no restante deste artigo.

Desse modo, a estrutura argumentativa do modelo de Toulmin passa a ser representada conforme mostrado na Figura 3.

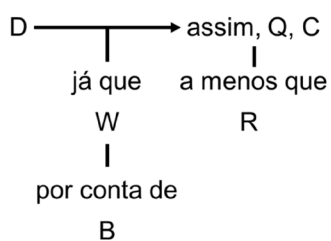


Figura 3: Padrão de Argumento de Toulmin ampliado (2001).

Esta pode não ser, consoante o próprio Toulmin (2001) destacou em seu livro, a estrutura definitiva do modelo. No entanto, ela é suficientemente complexa para avaliar se a argumentação desenvolvida em sala de aula atende às demandas atuais. E, dentre estas, pode ser destacada a promoção da aprendizagem de Ciências considerando, em primeiro lugar, que

os alunos podem vivenciar as práticas e discursos da ciência normal, aprendendo *sobre* a ciência. Em segundo lugar, a construção de argumentos pode tornar o pensamento dos alunos mais visível, representando uma ferramenta de avaliação e auto-avaliação. Em terceiro lugar, a argumentação os ajuda a

desenvolver diferentes formas de pensar, bem como promove uma participação mais ativa dos aprendizes e uma interação maior no contexto da sala de aula. Finalmente, através da argumentação aprendizes de ciências podem se tornar produtores de conhecimento acerca do mundo natural e não apenas consumidores (Nascimento e Vieira, 2008, p. 2).

Desse modo, cabe aos professores oferecer aos alunos oportunidade de protagonizar suas aprendizagens através de

discussões, que envolvem aspectos científicos e sociocientíficos (Sá et al., 2014) por meio de atividades como, por exemplo, os estudos de casos e as questões sociocientíficas (QSC), analisando se os argumentos produzidos por eles se alinham, de maneira favorável, ao Padrão de Argumento de Toulmin.

As questões sociocientíficas, segundo Silva e Queiroz (2021), podem ser definidas como problemáticas sociais controversas que se relacionam com conceitos científicos e, em função disso,

conversas, diálogos e debates sobre esse tipo de questão, no contexto educacional, favorecem a prática da argumentação que, por sua vez, por meio das interações argumentativas, coopera para a formação de cidadãos capazes de entender sobre ciência, seus usos e consequências na sociedade, na economia e na política.

Percorso metodológico

A metodologia adotada nesta pesquisa configura-se como pesquisa-ação, abordagem que, segundo Thiollent (2009), é caracterizada pela participação colaborativa de pesquisadores e alunos. O estudo foi desenvolvido com adolescentes matriculados na Educação Profissional e Tecnológica, em um Instituto Federal, totalizando 32 adolescentes de ambos os sexos, com idades entre 16 e 17 anos.

A pesquisa foi conduzida, em razão da coleta de dados, com os devidos esclarecimentos, respeitando-se todos os princípios éticos, garantindo o anonimato dos alunos, em especial, e dos demais envolvidos que assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando com a participação e autorizando a divulgação dos dados produzidos durante a pesquisa.

A turma foi organizada em oito grupos, cada grupo com quatro alunos. A proposta foi aplicada com o acompanhamento do professor, primeiro autor, responsável também pela coleta dos dados analisados neste trabalho.

Os dados coletados, para investigar o nível de complexidade dos argumentos dos alunos, foram obtidos por meio de três textos produzidos por eles após a realização de uma atividade com abordagem sociocientífica, ou seja, uma QSC

As questões sociocientíficas, segundo Silva e Queiroz (2021), podem ser definidas como problemáticas sociais controversas que se relacionam com conceitos científicos e, em função disso, conversas, diálogos e debates sobre esse tipo de questão, no contexto educacional, favorecem a prática da argumentação que, por sua vez, por meio das interações argumentativas, coopera para a formação de cidadãos capazes de entender sobre ciência [...]

contendo uma questão controversa sobre a comercialização de produtos com alto teor de sódio, escolhida por sua relevância tanto no currículo escolar quanto no cotidiano dos discentes.

As atividades foram desenvolvidas em quatro aulas (de 50 minutos cada) e foram organizadas em três momentos. No primeiro, o professor distribuiu o texto da QSC (ver material suplementar), os alunos, em grupo, fizeram a leitura silenciosa e, após a leitura, iniciaram uma conversa para levantamento dos prós e dos contras da proibição da comercialização de produtos alimentícios com alto teor de sódio. Durante o debate, o professor mostrou dois pacotes de sal de cozinha, ambos da mesma marca, um normal e outro *light*. Em seguida, solicitou que as informações nutricionais (Figura 4) fossem comparadas. Ato contínuo, os alunos, em grupos, debateram e deliberaram sobre a proibição ou não da comercialização de produtos com alto teor de sódio, que resultou na escrita do argumento inicial (texto 1). Logo após, cada grupo compartilhou sua decisão com o restante da turma.

Após as discussões, cada grupo voltou a se reunir para escrever o argumento final (texto 2). Os grupos ficaram livres para: conservar o argumento inicial, sem acréscimos; inserir elementos que aprimorassem o argumento; ou, ainda, mudar sua decisão apresentando um novo argumento. Por fim, no último momento, cada grupo elaborou um contra-argumento (texto 3) ao argumento final de outro grupo. Os textos 2 e 3 foram tomados para o estudo da estrutura dos argumentos.

Seguindo a mesma premissa metodológica de Borges e Ustra (2021), nosso estudo também optou por não realizar qualquer tipo de orientação sobre o TAP ou sobre técnicas formais de argumentação. Essa decisão visou preservar a autenticidade das interações dos alunos em um ambiente de

ensino de Química por investigação, permitindo observar a manifestação e a evolução espontânea de suas habilidades cognitivas e argumentativas.

A análise dos argumentos, por sua vez, baseou-se na metodologia proposta por Erduran *et al.* (2004) que consiste na observação da combinação dos elementos do Padrão de Argumento de Toulmin, presentes nos textos escritos dos alunos, para distinguir a complexidade (ou a sofisticação) dos argumentos produzidos. Segundo os autores, um argumento formado pela combinação dos três elementos da estrutura bruta (conclusão-dado-garantia, CDW) deve ser considerado menos complexo do que outro que tem, por exemplo, além dos elementos básicos, uma refutação (conclusão-dado-garantia-refutação, CDWR).

Fundamentados na codificação do Padrão de Argumento de Toulmin das transcrições das gravações de áudio, Erduran *et al.* (2004) identificaram diferentes combinações dos elementos, denominadas de permutações de recursos do TAP, que podem ser, considerando a ordem crescente de complexidade (quantitativa) do argumento: duplas (afirmação-dado, CD, ou afirmação-justificativa, CW), triplas (afirmação-dado-justificativa, CDW, ou afirmação-dado-refutação, CDR), quádruplas (afirmação-dado-justificativa-conhecimento de base, CDWB, ou afirmação-dado-justificativa-refutação, CDWR) e quintuplas (afirmação-dado-justificativa-conhecimento de base-refutação, CDWBR). Apesar de os autores não terem encontrado em sua pesquisa, não se pode desconsiderar a existência de argumentos com combinação

sêxtupla (afirmação-dado-justificativa-conhecimento de base-qualificador-refutação, CDWBQR).

Estas asserções foram apresentadas no artigo de Erduran *et al.* (2004), após a realização do projeto “Enhancing the Quality of Argument in School Science” (em português,

[...] nosso estudo também optou por não realizar qualquer tipo de orientação sobre o TAP ou sobre técnicas formais de argumentação. Essa decisão visou preservar a autenticidade das interações dos alunos em um ambiente de ensino de Química por investigação, permitindo observar a manifestação e a evolução espontânea de suas habilidades cognitivas e argumentativas.

Informação Nutricional

Porções por embalagem: 1.000 Porção: 1 g (1/4 colher de chá)				A
	100 g	1 g	%VD*	
Sódio (mg)	39.000	390	20	
Iodo (µg)	2.500	25	17	
Não contém quantidades significativas de valor energético, carboidratos, açúcares totais, açúcares adicionados, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans e fibras alimentares.				
*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.				
Este produto é enriquecido com 15 mg a 45 mg de iodo por quilograma.				

Informação Nutricional

Porções por embalagem: 500 Porção: 1 g (1/4 colher de chá)				B
	100 g	1 g	%VD*	
Sódio (mg)	19.600	196	9,8	
Iodo (µg)	2.500	25	17	
Potássio (mg)	26.100	261	7,5	
Não contém quantidades significativas de valor energético, carboidratos, açúcares totais, açúcares adicionados, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans e fibras alimentares.				
*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.				
Este produto é enriquecido com 15 mg a 45 mg de iodo por quilograma.				

Figura 4: Informações nutricionais do sal normal (A) e do light (B). Fonte: Adaptado de <https://sallebre.com.br/produtos/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

“Melhorando a Qualidade da Argumentação no Ensino de Ciências”), cujo objetivo centrou-se no uso do Padrão de Argumento de Toulmin “como um indicador quantitativo e qualitativo do ensino e da aprendizagem que ocorre em salas de aula” (p. 916, tradução nossa).

Sendo assim, é imperioso destacar que a codificação dos argumentos buscou a identificação em termos de quantidade de recursos do Padrão de Argumento de Toulmin, como mostrado nos parágrafos anteriores, e não em termos de uma composição qualitativa. Em outros termos, duas permutações podem apresentar, por exemplo, a mesma composição quantitativa de recursos do Padrão de Argumento de Toulmin, mas composição qualitativa diferente. Para esclarecer, Erduran *et al.* (2004) fazem uma comparação entre duas permutações quádruplas: CDWR e CDWB, “cada um tem quatro recursos do TAP, mesmo que qualitativamente haja uma diferença entre os argumentos em termos da presença ou ausência de refutações e fundamentações” (p. 925).

O processo de análise dos textos argumentativos dos alunos, com vistas à sua representação por meio do *layout* de Toulmin, envolveu a interpretação desses textos buscando identificar neles os elementos indicados no modelo, tendo em vista suas definições. Os componentes do TAP não se apresentam textualmente em uma ordem pré-estabelecida. Assim, os textos devem ser lidos, analisados e colocados no *layout* por meio de um esforço interpretativo do pesquisador, considerando-se aspectos linguísticos e também contextuais, a fim de capturar suas possíveis estruturas argumentativas e sentidos mobilizados.

Para garantir a validade do processo analítico, os autores analisaram separadamente uma amostra do *corpus* da pesquisa e compararam os resultados considerando as possíveis semelhanças e diferenças no emprego do TAP, de modo a alcançar um consenso interpretativo intersubjetivo em direção à consistência da análise.

Resultados e discussão

Nesta seção, são mostrados os resultados da análise dos argumentos dos alunos, em resposta ao questionamento da QSC, sobre a proibição da comercialização de alimentos com alto teor de sódio, utilizando o Padrão de Argumento de Toulmin, bem como o grau de complexidade estrutural dos argumentos proposto por Erduran *et al.* (2004).

À vista disso, em um primeiro momento, identificou-se três grupos (G1, G7 e G8) que, sem mudar seus posicionamentos, fizeram acréscimos ao argumento inicial (texto 1). Na sequência, analisando os argumentos finais (texto 2), verificou-se que apenas um grupo, o G5, foi favorável à proibição da comercialização. Os grupos G1, G2, G4 e G8 se posicionaram de forma contrária à proibição. O G3 não

se posicionou a favor nem contra. Já os grupos G6 e G7 iniciaram seus argumentos com a expressão “depende”, introduzindo uma ressalva. A vírgula após “depende”, em ambos os textos, indica uma pausa de hesitação ou condição, bastante comum em linguagem oral ou em textos que imitam a fala espontânea, ou seja, as alunas escolhidas pelo grupo como reladoras, sem a intervenção do docente, escreveram do mesmo modo como falam. O G6 limitou a proibição às pessoas acometidas por alguma enfermidade, como a hipertensão e o G7, por outro lado, relacionou à condição social dos consumidores. Adiante, os argumentos dos grupos serão discutidos em pormenores.

No Quadro 1 está esquematizado o argumento final do grupo 5 e o seu contra-argumento (elaborado pelo grupo 7), bem como suas análises na perspectiva do Padrão de Argumento de Toulmin (2001).

Verificou-se, a partir do Quadro 1, um argumento final relativamente complexo cuja combinação de elementos presentes é do tipo CDWQR. Em sua elaboração, o G5 apresenta uma tese (C) que, embora implícita, exprime uma resposta positiva referente à pergunta da QSC, concordando

com a proibição. Para sustentar a afirmação, o grupo apresenta duas razões (ou evidências, D): diminuição dos índices de doenças e aumento da expectativa de vida da população. A garantia de inferência (W) diz respeito à ideia de que a redução do teor de sódio na alimentação da população melhora a saúde e, por consequência, justifica a defesa de medidas de restrição.

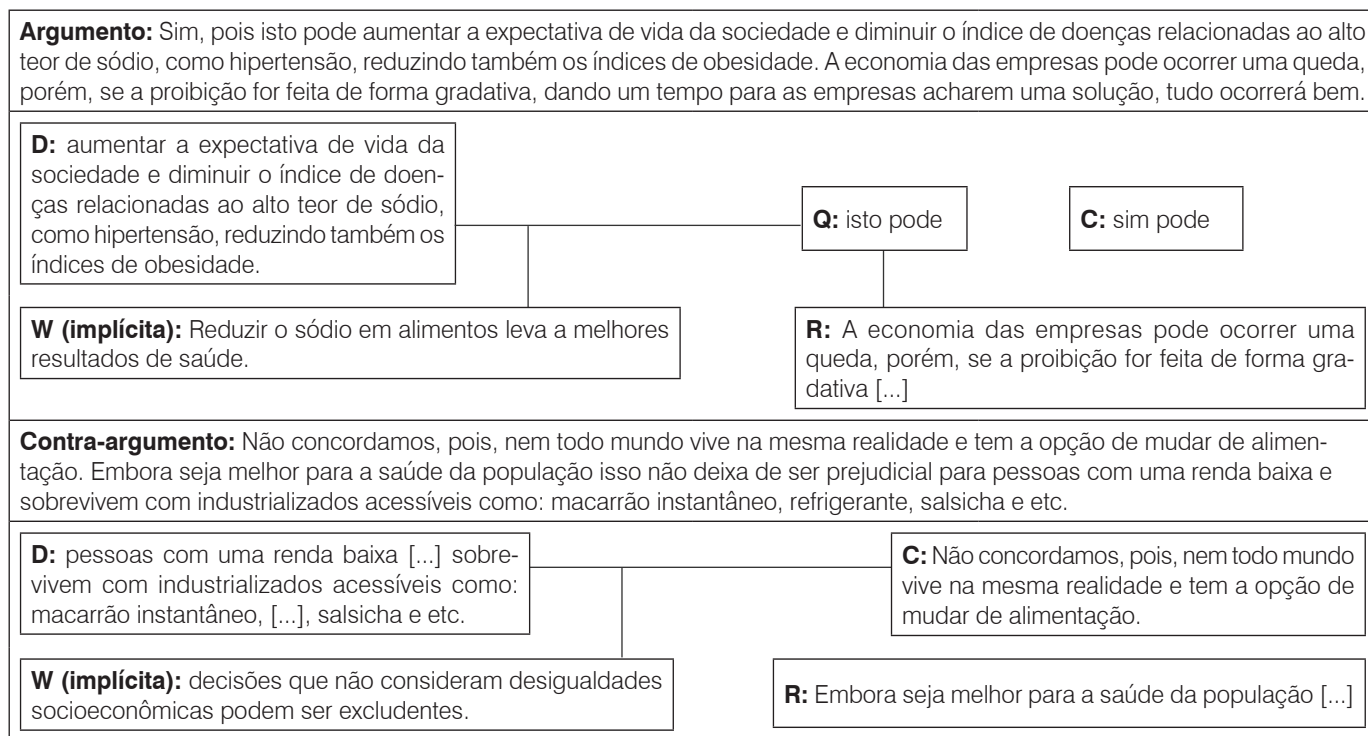
Quando o grupo utiliza o termo “pode” (“pode aumentar a expectativa de vida”), que atua como um qualificador (Q), ele indica a força da sua tese. É como se os alunos estivessem dizendo que “possivelmente” ou “provavelmente” as pessoas viveriam mais se se expusessem menos ao sódio, em especial as que estão acometidas pela hipertensão arterial. E, por fim, apresentam uma refutação (R) ou resposta a uma possível objeção quando afirmam que: “A economia das empresas pode ocorrer (sofrer) uma queda, ...”, reconhecendo uma possível consequência negativa que pode ser evitada, teoricamente, se a proibição ocorrer de forma gradativa, de modo que as empresas tenham tempo hábil para se adaptar.

Ainda observando o Quadro 1, percebe-se que o contra-argumento do G7 é menos complexo que o argumento do G5, que deu origem a ele, apresentando a seguinte combinação: CDWR, cuja perspectiva é bem diferente. Enquanto o argumento fundamenta-se em aspectos inerentes à saúde, para justificar sua decisão, o contra-argumento recorre às dimensões socioeconômicas, as mesmas usadas na elaboração do argumento final do grupo (textos bastante semelhantes em conteúdo).

As alunas do G7 defendem que a mudança na alimentação, em virtude de uma possível proibição da comercialização de

Para garantir a validade do processo analítico, os autores analisaram separadamente uma amostra do *corpus* da pesquisa e compararam os resultados considerando as possíveis semelhanças e diferenças no emprego do TAP, de modo a alcançar um consenso interpretativo intersubjetivo em direção à consistência da análise.

Quadro 1: Argumento final do G5 e o contra-argumento do G7.



Fonte: Os autores (2025).

alguns alimentos ricos em sódio, não é viável para todos (C). Isto porque, segundo elas, pessoas de baixa renda dependem de alimentos industrializados baratos. Em outras palavras, elas apresentam contextos reais que justificam a negativa (D). Elas conectam a tese ao dado por meio de uma garantia implícita (W), pois, é como se afirmassem que se as pessoas não têm opção de fazer escolhas alimentares, não se pode esperar que mudem seus hábitos alimentares facilmente. Por fim, o grupo refuta (R) o argumento de G5 (os benefícios para a saúde), destacando os impactos negativos para certos grupos sociais.

O Quadro 2 mostra o argumento final do grupo 8 e o seu contra-argumento (elaborado pelo grupo 3). Além disso, mostra as análises dos dois textos na perspectiva do Padrão de Argumento de Toulmin (2001).

O trecho em negrito do argumento do grupo 8 foi apresentado, de modo parcial, por outro grupo (G5), no momento da discussão em torno dos argumentos iniciais. O excerto configura-se como uma refutação (R), pois, através dele, o grupo se antecipa a uma possível objeção à proibição total, mostrando seus efeitos negativos, tais como falência e desemprego.

A tese do argumento (C), por sua vez, centra-se em dizer não à proibição total, mas sim à regulação do teor de sódio em alimentos industrializados, estabelecendo limites. E, para sustentar a tese, o G8 aponta (D) um objetivo de saúde pública (redução de doenças) e uma evidência concreta (exemplo do sal light). Foi o único grupo a resgatar a intervenção do professor (pacotes de sal normal e light) durante as discussões sobre o enunciado da QSC.

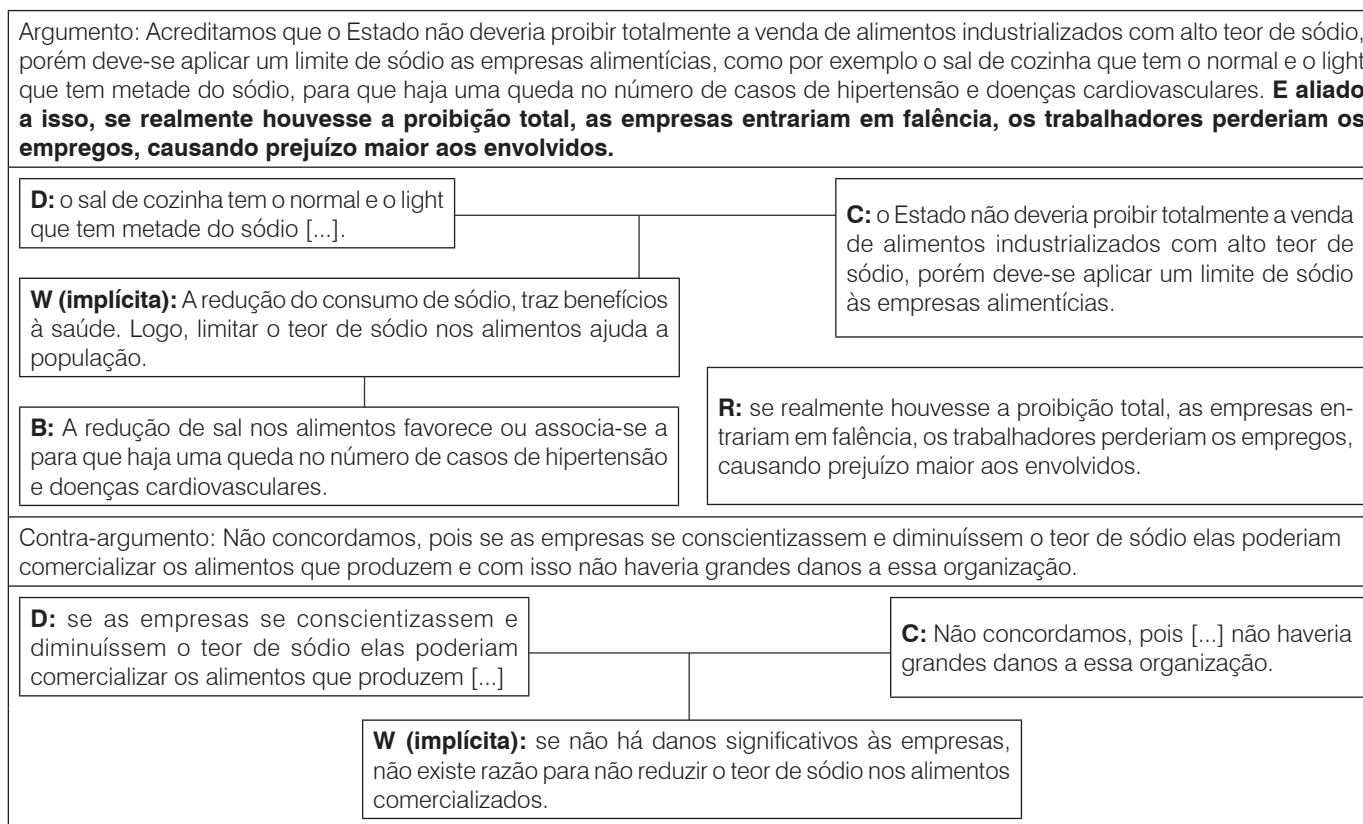
Disso, depreende-se que, implicitamente, os alunos do grupo 8 trazem à baila um pressuposto, que atua como garantia de inferência (W), de que limitar o teor de sódio em alimentos industrializados é uma medida eficaz para reduzir problemas de saúde pública, sem precisar implementar uma medida mais severa, a proibição total. Além disso, o fragmento “para que haja uma queda no número de casos de hipertensão e doenças cardiovasculares” funciona como um apoio ou conhecimento de base (B) que justifica e reforça o porquê a redução do teor de sódio é benéfica.

Ante o exposto, o argumento do grupo 8, levando-se em consideração o Padrão de Argumento de Toulmin (2001), enquadra-se na combinação CDWBR. Já o contra-argumento, apresentado pelo G3, menos complexo, é do tipo básico CDW.

A conclusão do argumento (C) expressa a posição de G3 contra a ideia do G8 de que as empresas entrariam em falência e, por isso, defendem que se as empresas reduzissem o teor de sódio poderiam continuar comercializando seus produtos sem grandes prejuízos. Em razão disso, o grupo argumentador fundamenta (D) a conclusão apresentando as condições (conscientização e redução de sódio) que levariam a um resultado (comercialização contínua dos alimentos) que, em tese, agradaria a “gregos e troianos”.

A garantia (W), mais uma vez implícita, que interliga o dado à conclusão, pode ser inferida como: “A redução do teor de sódio não impede a comercialização dos alimentos industrializados porque os consumidores continuariam comprando os produtos mesmo com menos sódio” e isto não geraria prejuízos às empresas.

Quadro 2: Argumento final do G8 e o contra-argumento do G3.



Fonte: Os autores (2025).

A análise comparativa da estrutura dos argumentos e dos contra-argumentos apresentados pelos alunos, na atividade desenvolvida em sala de aula, está registrada no Quadro 3. Observando-o, é possível verificar que foram identificados seis tipos de combinações de elementos do Padrão de Argumento de Toulmin nas respostas e contrarrespostas ao questionamento da QSC, conforme descrito na metodologia.

Os resultados indicam que nenhum dos grupos conseguiu elaborar argumentos do tipo

Os resultados indicam que nenhum dos grupos conseguiu elaborar argumentos do tipo mais complexo, classificados como CDWBQR, tampouco formulou combinações quintuplas do tipo CDWBQ, conforme o TAP. Já a combinação básica de elementos do TAP, isto é, CDW, foi identificada em metade dos 16 textos analisados, estando presente em dois argumentos e seis contra-argumentos.

mais complexo, classificados como CDWBQR, tampouco formulou combinações quintuplas do tipo CDWBQ, conforme o TAP. Já a combinação básica de elementos do TAP, isto é, CDW, foi identificada em metade dos 16 textos analisados, estando presente em dois argumentos e seis contra-argumentos.

Um exemplo dessa estrutura (CDW) pode ser observado no argumento do G2: “Cada um vai da sua consciência, porém deveriam produzir mais alimen-

tos industrializados com baixo teor de sódio e levar essas

Quadro 3: Grau de complexidade dos argumentos dos alunos, segundo Erduran et al. (2004).

Combinação dos Elementos	Código da Combinação	Argumento	Contra-Argumento
conclusão/dado/garantia	CDW	G2, G6	G6, G2, G8, G4, G1, G3
conclusão/dado/garantia/base	CDWB	G1, G3, G7	-
conclusão/dado/garantia/refutação	CDWR	-	G5, G7
conclusão/dado/garantia/qualificador	CDWQ	G4	-
conclusão/dado/garantia/qualificador/refutação	CDWQR	G5	-
conclusão/dado/garantia/base/ refutação	CDWBR	G8	-

Fonte: Os autores (2025).

informações para as pessoas na sociedade que não possui esse conhecimento”.

Nele, percebe-se a proposição central (*claim*): “deveriam produzir mais alimentos industrializados com baixo teor de sódio”. Essa afirmação é sustentada por uma justificativa (*grounds*) que se baseia na suposta falta de informação de parte da população: “levar essas informações para as pessoas na sociedade que não possui esse conhecimento”.

Conectando a justificativa à proposição, existe uma garantia de inferência (*warrant*) implícita. Ela demonstra o entendimento de que as pessoas sem conhecimento sobre os riscos do consumo de alimentos ricos em sódio precisam, consequentemente, de mais informação e de opções mais saudáveis para fazerem escolhas melhores.

No argumento do G4, identificou-se a combinação do tipo CDWQ, exemplificada pela seguinte afirmação: “Limitar as opções de consumo alimentício poderia ser prejudicial para a economia. Além de que, geralmente, os alimentos industrializados com alto teor de sódio é consumido por crianças, o que pode ser controlado pelos pais, e que resultam numa redução significativa nos casos de hipertensão e doenças cardiovasculares”.

A estrutura desse argumento é a seguinte: a tese central defendida é a de que “limitar as opções de consumo alimentício poderia ser prejudicial para a economia”. Essa proposição é sustentada por três pontos principais: primeiro, que os alimentos industrializados com alto teor de sódio são majoritariamente consumidos por crianças; segundo, que os pais têm a capacidade de controlar o consumo desses produtos por parte dos filhos; e, por fim, que esse controle resultaria, em tese, na redução dos casos de hipertensão e doenças cardiovasculares.

Esses elementos revelam a premissa implícita que conecta os dados à conclusão: a de que, se os pais de fato controlarem a alimentação de suas crianças, os efeitos negativos à saúde seriam mitigados, tornando desnecessária uma intervenção que poderia afetar a economia.

O uso do termo “poderia”, por sua vez, atua como um qualificador, introduzido de forma sutil, mas crucial, indica que a afirmação do grupo sobre o prejuízo econômico não é apresentada como uma certeza, mas sim como uma possibilidade.

Nesse momento, cabe aqui, conforme Borges e Ustra (2021), apresentar um entendimento importante:

A melhor qualidade argumentativa, a nosso ver, não se restringe a apenas um desses prismas, mas à inter-relação entre eles. Por exemplo, não podemos dizer que um argumento é forte se possui muitos elementos, mas suas garantias são insignificantes e este não apresenta uma relação lógica entre os componentes. Por outro lado, um argumento simples em sua representação gráfica pode ter grande profundidade de conhecimentos científicos e ideias bem formuladas. Deste modo, um argumento “ótimo” exige uma ordenação de ideias coerentes, bem elaboradas, conteúdo

que indique domínio do falante sobre o tema abordado e estrutura que estabeleça uma correlação lógica entre os elementos do TAP (Borges e Ustra, 2021, p. 137).

Desse modo, um argumento pode ser simples (combinação básica do TAP, ou seja, CDW) e de alta qualidade (dados confiáveis, garantia de inferência bem justificada e conhecimento de base em fontes reconhecidas) ou complexo (combinação quádrupla do TAP, ou seja, CDWBR) mas fraco (repleto de fragilidades).

Diante do exposto, pode-se dizer que o argumento do G2 apresenta fragilidades que o tornam facilmente refutável, principalmente em dois aspectos.

O primeiro diz respeito aos dados, que se mostram questionáveis. A premissa central de que “as pessoas não possuem conhecimento” sobre os malefícios do consumo de alimentos com alto teor de sódio é uma suposição não comprovada. Evidências indicam, na verdade, que essa informação vem sendo amplamente divulgada há décadas. Isso sugere que o problema real pode estar associado a outros fatores, como custo, palatabilidade e hábitos culturais.

O segundo aspecto refere-se a uma inferência excessivamente simplista. Embora seja válida em parte, a lógica de que “informação leva à mudança de comportamento” ignora a complexidade inerente ao comportamento humano. Supor que o conhecimento seja a única barreira, desconsidera a influência dos fatores já citados, tornando a garantia de inferência do argumento bastante frágil.

Dessa forma, o argumento do G2, ainda que estruturado de modo claro, falha ao sustentar-se em uma premissa frágil e em uma solução simplista para um problema complexo. Para torná-lo mais consistente, seriam necessários dados que comprovassem a falta de informação e de uma garantia que contemplasse as outras barreiras.

A fundamentação do argumento do G4 apresenta inconsistências que o tornam frágil. Em primeiro lugar, os dados utilizados são genéricos e controversos. Afirmar que os alimentos industrializados são “geralmente consumidos por crianças” é uma generalização imprecisa, uma vez que os adultos também os consomem. Além disso, a sugestão de que o consumo “pode ser controlado pelos pais” simplifica a questão, desconsiderando fatores complexos como a influência da publicidade e o contexto socioeconômico das famílias.

O argumento também parte do pressuposto de que a solução individual (controle dos pais) seria suficiente, ignorando por completo o ônus econômico que as doenças relacionadas à má alimentação já impõem à sociedade. Além disso, não há, por exemplo, menção a dados concretos sobre perda de emprego ou queda na arrecadação que explique como a regulação comercial geraria um prejuízo econômico.

Em resumo, há uma evidente desproporção entre a alegação macroeconômica feita e os dados comportamentais usados para sustentá-la. O argumento se mostra fraco porque seus dados são insuficientes e sua garantia de inferência

não estabelece uma conexão causal válida entre o controle parental e um suposto prejuízo à economia do país.

Por fim, antes de marchar em direção às considerações finais, é importante destacar que as análises dos argumentos foram apresentadas aos alunos, como um retorno da atividade realizada. No entanto, optou-se por não detalhar o TAP nesse momento. Diante dos resultados observados, o professor da turma considerou mais apropriado organizar uma oficina de práticas argumentativas, destinada ao aprofundamento e desenvolvimento das habilidades argumentativas de forma mais estruturada junto aos alunos.

Esse entendimento é reforçado pelo estudo de Sá, Kasseboehmer e Queiroz (2014) com duas turmas de Comunicação Científica de um curso de Bacharelado em Química. Ao analisar os argumentos produzidos pelos estudantes, as autoras constataram que as justificativas e os *backings* eram significativamente mais abundantes na turma que recebeu orientações sobre a estrutura do TAP. Diante disso, concluíram “que fornecer orientações a respeito do emprego dos componentes argumentativos surte efeito positivo na argumentação” (p. 168-169).

Para embasar ainda mais essa conclusão, Sá *et al.* (2014) recorrem aos trabalhos de McNeill *et al.* (2006) e Campaner e De Longhi (2007). Juntos, esses estudos reafirmam que o desenvolvimento de propostas didáticas, quando intencionalmente planejadas para exercitar e/ou potencializar as capacidades argumentativas, auxiliam os alunos na construção de argumentos bem fundamentados.

Considerações finais

Este estudo analisou a qualidade e a complexidade dos argumentos produzidos por alunos da Educação Profissional e Tecnológica sobre uma questão sociocientífica relacionada à proibição da comercialização de alimentos com alto teor de sódio, utilizando o Padrão de Argumento de Toulmin (TAP) e o processo de análise de argumentos proposta por Erduran *et al.* (2004).

Os resultados mostraram que, em relação à argumentação, houve uma diferença bastante significativa entre as estruturas dos argumentos quando comparadas com os contra-argumentos. Os argumentos foram mais variados, contendo combinações triplas, quádruplas e até quádruplas. No caso dos contra-argumentos, as combinações foram menos robustas. Isto porque, excetuando-se dois grupos, com combinação quádrupla, a maioria apresentou uma combinação básica do Padrão de Argumento de Toulmin, CDW, indicando espaço para aprimoramento na construção de argumentos mais sofisticados.

Essa sofisticação, provavelmente, será alcançada se: os elementos do TAP forem explicitamente ensinados; os alunos forem incentivados a incluir outros elementos (refutações e

conhecimentos de base, em especial) para aumentar a complexidade dos seus argumentos; e exemplos de argumentos considerados sofisticados forem analisados em sala de aula, destacando como cada elemento do TAP contribui para a qualidade do argumento.

No tocante à abordagem ao TAP, cabe ressaltar, entretanto, a importância de não repassar a ideia de que se trata de uma estrutura rígida em que os argumentos devem se enquadrar para adquirir consistência, mas um modelo que aponta elementos importantes na perspectiva da argumentação de natureza científica e socio-científica, sobretudo ao enfatizar o papel das evidências e teorias na constituição dos argumentos e o posicionamento diante de possíveis contra-argumentos. A

ideia é não cercear nos alunos a consideração de dimensões pouco exploradas no uso do TAP, mas que contribuem para a constituição de argumentos principalmente nas dimensões persuasiva e dialética.

A pesquisa evidenciou, também, que os estudantes se mostraram capazes de articular argumentos fundamentados em dados científicos, preocupações socioeconômicas e implicações para a saúde pública, refletindo uma compreensão multidimensional do tema abordado.

Material suplementar

O material suplementar a este artigo está disponível em https://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/QNEsc_93-25_MS.pdf, na forma de arquivo PDF, com acesso livre.

Wendel Menezes Ferreira (wendel.ferreira@ifs.edu.br) é licenciado e mestre em Química e doutorando em Ensino (RENOEN) pela Universidade Federal de Sergipe. Atualmente, é professor de Química do Instituto Federal de Sergipe, *campus* Itabaiana. **Verônica Tavares Santos Batinga** (veronica.santos@ufrpe.br) é licenciada em Química e mestre em Ensino das Ciências pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e doutora em Educação pela Universidade Federal de Pernambuco. Atualmente, é professora da UFRPE, onde coordena o Núcleo de estudo e pesquisa em Ensino e Aprendizagem baseados na Resolução de Problemas (NUPEABRP). **Adjane da Costa Tourinho e Silva** (adjane@academico.ufs.br) é licenciada em Química e mestre em Educação pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais e pós-doutora em Educação pela Universidade Estadual Paulista. Atualmente, é professora titular aposentada da UFS, atuando como voluntária no Núcleo de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Matemática e na Rede Norte-Nordeste de Ensino.

Referências

- BATINGA, V. T. S. e BARBOSA, T. V. S. Questão sociocientífica e emergência da argumentação no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 1, p. 29-37, 2021.
- BORGES, J. R. A. e USTRA, S. R. V. Análise de práticas argumentativas através do Padrão de Toulmin (TAP) no desenvolvimento de projetos nas aulas de Física. *Vivências*, v. 17, n. 32, p. 129-147, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020*. Brasília: Diário Oficial da União, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>, acesso em abr. 2025.

CAMPANER, G. e DE LONGHI, A. L. La argumentación en educación ambiental. Una estrategia didáctica para la escuela media. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 442-456, 2007.

CARVALHO, A. C. M. e S.; TEIXEIRA, L. B. e GONDIM, Í. C. Teor estimado de sódio em pão francês produzido por panificadoras de uma rede de supermercados de Goiânia (GO). *Revista de Atenção à Saúde*, v. 13, n. 46, p. 36-42, 2015.

ERDURAN, S.; SIMON, S. e OSBORNE, J. TAPPING into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, Hoboken, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. e AGRASO, M. F. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento na sala de aula. *Educação em Revista*, v. 43, p. 13-34, 2006.

LUI, C. S.; SOUZA, M. F. B.; COELHO, N. R. A.; MACHADO, C. C. B. e CASTRO, E. M. O. Teor de Sódio em Refrigerantes com e sem Adição de Açúcar. *Revista Processos Químicos*, v. 7, n. 4, p. 57-66, 2013.

LUDWIG, K. M. e GUIMARÃES, E. A. B. Consumo de alimentos ricos em sódio e conhecimento das doenças relacionadas a este consumo em adolescentes de uma escola estadual da cidade de Cândido Mota-SP. *Journal of Health Sciences Institute*, v. 35, n. 3, p. 187-191, 2017.

McNEILL, K. L.; LIZOTTE, D. J.; KRAJCIK, J. e MARX, R. W. Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the*

Learning Sciences, v. 15, n. 2, p.153-191, 2006.

MENDES, M. R. M. e SANTOS, W. L. P. Argumentação em discussões sociocientíficas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 18, n. 3, p. 621-643, 2013.

MILL, J. G.; MALTA, D. C.; NILSON, E. A. F.; MACHADO, Í. E.; JAIME, P. C.; BERNAL, R. T. I.; CARDOSO, L. S. M. e SZWARCOWALD, C. L. Fatores associados ao consumo de sal na população adulta brasileira: Pesquisa Nacional de Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, n. 2, p. 555-567, 2021.

NASCIMENTO, S. S. e VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 2, 2011.

OLIVEIRA, F. S.; CRUZ, M. C. P. e SILVA, A. C. T. Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoeletrica em Sergipe. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 1, p. 105-118, 2021.

SÁ, L. P. *Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no Ensino Superior de Química*. Tese de Doutorado em Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2010.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C. e QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014.

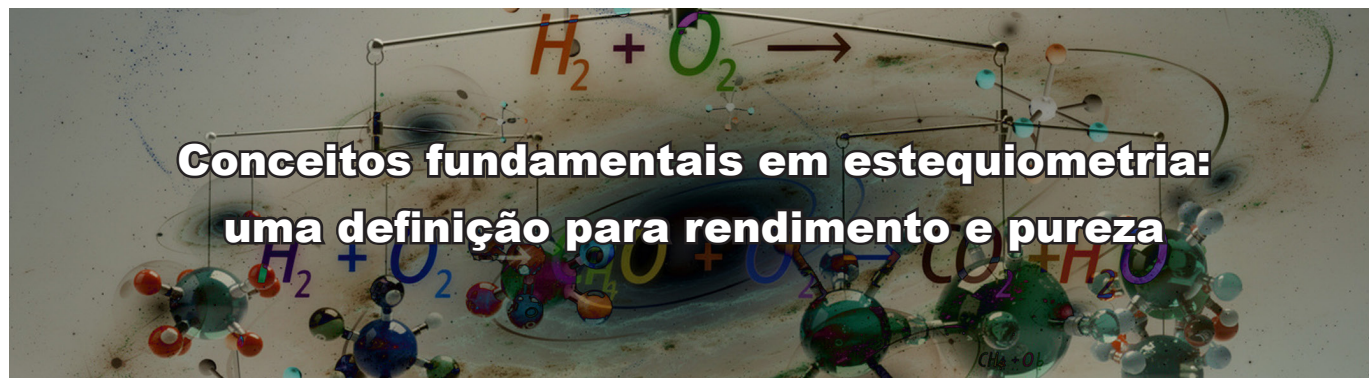
SILVA, G. B. e QUEIROZ, S. L. História em quadrinhos como fio condutor na promoção da argumentação de licenciandos em Química. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 1, p. 4-15, 2021.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez, 2009.

TOULMIN, S. E. *Os usos do argumento*. Trad. de Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Abstract: *High in sodium: an analysis of argument complexity in light of Toulmin's argument pattern.* This study analyzed arguments from students of Vocational and Technological Education about the prohibition of the sale of foods with high sodium content. The methodology involved the application of Socio-scientific Issues (SSI) with analysis of the arguments and counter-arguments produced in groups, classifying them according to the Toulmin Argument Standard (TAP). The results showed that the arguments were more complex (with quadruple and quintuple combinations), while the counter-arguments tended to basic structures (triples). It was concluded that, despite the argumentative capacity presented, there is a need to encourage greater sophistication of the arguments produced, especially in relation to the insertion of some elements of TAP, such as refutations and basic knowledge.

Keywords: argumentation, high sodium, socio-scientific issues



Conceitos fundamentais em estequiometria: uma definição para rendimento e pureza

Rochele da S. Fernandes e José R. Gregório

Este trabalho aborda os desafios no ensino e aprendizagem da estequiometria, focalizando conceitos frequentemente explorados de maneira superficial, como rendimento e pureza de reagentes e produtos. Apesar da importância quantitativa da estequiometria na Química, observa-se carência de definições claras em livros técnicos, os quais priorizam exemplos resolvidos em detrimento da fundamentação teórica. Este texto propõe definições para termos como *conversão*, *seletividade* e *rendimento*, destacando sua interdependência em reações químicas. Além disso, discute a pureza de reagentes e produtos, enfatizando a necessidade de compreensão conceitual para aplicação em contextos reais (laboratórios e indústrias). O estudo visa suprir lacunas bibliográficas, auxiliando estudantes e profissionais na interpretação crítica de cálculos estequiométricos.

► estequiometria, rendimento de reações, pureza de reagentes e produtos ◀

265

Recebido em 05/08/2025; aceito em 10/11/2025

Introdução

A Química ganhou reconhecimento como ciência a partir do momento em que seus aspectos quantitativos foram evidenciados. Um dos campos derivados do trabalho quantitativo de Lavoisier é a estequiometria. Juntamente com as Leis de Proust e de Dalton, a estequiometria permite estabelecer as relações quantitativas entre os átomos constituintes das substâncias e a relação que se estabelece entre estas quando envolvidas em uma reação química.

As relações estequiométricas permitem correlacionar grandezas como massa, quantidade de substância e volume em reações químicas. Porém, as reações químicas não ocorrem literalmente em condições ideais: muitas vezes há impurezas em reagentes e produtos, há rendimento diferente do que se espera, há quantidades não proporcionais de reagentes que originam quantidades diferentes de produtos, há diferentes rotas reacionais que envolvem reações consecutivas e não simultâneas, por exemplo.

Essas situações são classificadas como Casos Especiais de Estequiometria (CEE). Embora comuns em cursos de Química (do básico ao superior), tópicos como pureza, rendimento, reagente limitante e em excesso e reações consecutivas são apresentados com exemplos resolvidos, em

exercícios, e por diversas vezes não exploram os conceitos envolvidos nos CEE.

Nota-se que a incompreensão dos conceitos envolvidos nesses cálculos dificulta a interpretação de novas situações ou daquelas que fogem aos exemplos descritos nos diferentes livros técnicos. Ao se buscar esses conceitos em livros e artigos, percebe-se que são pouco apresentados e quase não há referências nas bases científicas. Aliás, é evidente que os materiais descrevem precisamente como aplicar os conceitos com inúmeros cálculos, mas não discutem os conceitos envolvidos nesses processos.

Com a já estabelecida dificuldade de ensino e de aprendizagem envolvendo a estequiometria em diferentes etapas curriculares em que a química se faz presente, e nas quais os relatos de estudantes e profissionais citam as deficiências conceituais como uma das causas dos obstáculos enfrentados nesses processos, entende-se que estabelecer claramente os conceitos envolvidos nas relações estequiométricas é um passo importante e necessário para mitigar tais obstáculos.

Portanto, neste artigo são apresentados conceitos e definições para palavras empregadas frequentemente nos problemas estequiométricos e que, de fato, retratam situações reais enfrentadas em sínteses laboratoriais e processos industriais, para as quais há carência de referências bibliográficas

que possam auxiliar os profissionais e estudantes na busca pelo conhecimento em estequiometria.

Abordagem dos livros técnicos: lacunas conceituais

Os CEE geralmente abrangem situações em que estão envolvidos os seguintes fatores: rendimento de reações, pureza de reagentes, pureza de produtos, presença de reagentes limitante e em excesso e os casos envolvendo reações consecutivas e paralelas.

Os livros técnicos, no entanto, geralmente apresentam esses conceitos na forma de exemplos resolvidos, exercícios comentados e listas de problemas. Essa abordagem permite ao estudante replicar métodos de resolução, mas não explora as definições subjacentes, sem que o estudante e o profissional possam de fato compreender o que quer dizer cada uma daquelas situações e assim apropriar-se do conhecimento de forma real.

A aprendizagem do “saber resolver” não possibilita que o estudante reconheça situações diferentes dos exemplos estudados. Caso alguma situação se apresente diferente daquilo que foi repetidamente calculado, não há fundamentação teórica suficiente para que os conhecimentos sejam transpostos entre diferentes situações que requeiram os mesmos conceitos. Não compreender a teoria que embasa os cálculos matemáticos impossibilita a interpretação dos dados e resultados obtidos, levando apenas ao “saber calcular” sem entender o que significa todo aquele amontoado de números.

Na busca de referências bibliográficas para os conceitos envolvidos nos CEE, em especial destaca-se a ausência de material que apresente claramente as definições para rendimento de reação, pureza de reagente e pureza de produto. Em sua maioria, os livros técnicos apresentam a resolução de exemplos envolvendo estes conceitos, como se de alguma forma esses conceitos estivessem pré-concebidos e

plenamente compreendidos, então ali apresenta-se somente a resolução de problemas que os envolvem.

Os conceitos de reagentes limitante e em excesso são apresentados mais frequentemente nesses materiais, e os processos envolvendo reações consecutivas também são rapidamente definidos e se passa à resolução de exemplos. Em especial, se destaca a ausência de definições para o rendimento de reações químicas e pureza de reagentes e produtos, sendo esses os conceitos que passamos a abordar a seguir.

Ao analisar livros destinados ao Ensino Superior, pode-se destacar que, para Russell (1994), Harris (2001), Melo (2017) e Skoog (2019), os problemas estequiométricos são apresentados com exemplos resolvidos e exercícios propostos, mas não há referência ao conceito de rendimento e pureza.

Em Brady *et al.* (2017), a definição de rendimento é apresentada conforme a Figura 1.

Em Atkins *et al.* (2018), o rendimento da reação é definido como apresentado na Figura 2.

Em Brown *et al.* (2017), o rendimento teórico de uma reação química é definido conforme a Figura 3.

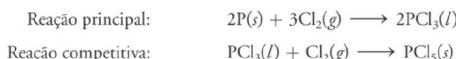
Além dos livros referenciados aqui, destinados ao Ensino Superior, os livros dedicados ao Ensino Médio, como Feltre (2005) e Peruzzo e Canto (1999), são ainda mais carentes desses conceitos e definições. A ausência de referências também atinge artigos publicados em periódicos. Isso foi constatado pelos autores quando buscaram referências para o assunto com objetivo de fundamentar um material dedicado ao tema de estequiometria.

Esses fatos levaram ao questionamento de como isso está sendo tratado nos diferentes níveis de ensino, como professores e estudantes têm conseguido transpor esses conhecimentos e se os profissionais egressos dos cursos estão se apropriando dos conceitos envolvidos ou estão apenas executando cálculos referenciados em exemplos demonstrados ao longo dos materiais disponíveis sem, de fato, compreender a teoria que embasa essas aplicações.

3.7 | Rendimento Teórico e Rendimento Percentual

Na maioria dos experimentos concebidos para síntese química, a quantidade de um produto isolado é inferior à quantidade máxima calculada. As perdas ocorrem por diversas razões. Algumas são mecânicas, como as que ocorrem quando o material adere à vidraria. Em certas reações, as perdas ocorrem por evaporação de um produto volátil. Em outras, o produto é um sólido que se separa da solução à medida que se forma porque é altamente insolúvel. O sólido é removido por filtração. O que fica na solução, muito embora relativamente pouco, contribui para alguma perda de produto.

Uma das causas mais comuns de se obter menos do que a quantidade estequiométrica de um produto é a ocorrência de uma **reação competitiva** (reação secundária). Ela produz um **subproduto**, uma substância produzida em uma reação que compete com a **reação principal**. A síntese do tricloreto de fósforo, por exemplo, dá algum pentacloreto de fósforo também, porque o PCl_3 pode reagir com o Cl_2 .



A competição é entre o PCl_3 , recém-formado e o fósforo que ainda não reagiu com o cloro.

■ Na determinação do rendimento percentual, você deve ter o rendimento real do experimento, pois ele não pode ser calculado.

O **rendimento real** do produto desejado é simplesmente quanto é isolado, expresso em unidades de massa ou em mols. O **rendimento teórico** do produto é o que deve ser obtido caso não ocorram perdas. Quando é obtido menos do que o rendimento teórico do produto, os químicos geralmente calculam o **rendimento percentual** do produto para descrever quão bem foi feita a preparação. O **rendimento percentual** é o rendimento real calculado como uma porcentagem do rendimento teórico.

FERRAMENTAS 
Rendimentos teórico, real e percentual

$$\text{Rendimento percentual} = \frac{\text{rendimento real}}{\text{rendimento teórico}} \times 100 \% \quad (3.2)$$

Os rendimentos real e teórico têm que estar nas mesmas unidades.

É importante compreender que o rendimento real é uma quantidade determinada experimentalmente. Ela não pode ser calculada. O rendimento teórico é sempre uma quantidade calculada baseada em uma equação química e nas quantidades dos reagentes disponíveis.

Vamos ver agora um exemplo que combina a determinação do reagente limitante com um cálculo do rendimento percentual.

Exemplo 3.18

Cálculo do Rendimento Percentual

Figura 1. Definição de rendimento conforme Brady *et al.* (2017). Fonte: Brady *et al.*, 2017, p. 140.

M.1 O rendimento da reação

O **rendimento teórico** de uma reação é a quantidade *máxima* (mols, massa ou volume) de produto que pode ser obtida a partir de uma determinada quantidade de reagente. O **rendimento percentual** é a fração do rendimento teórico de fato produzida, expressa como percentagem:

$$\text{Rendimento percentual} = \frac{\text{rendimento real}}{\text{rendimento teórico}} \times 100\% \quad (1)$$

Figura 2. Definição de rendimento conforme Atkins *et al.* (2018). Fonte: Atkins *et al.*, 2018, p. F96.

RENDIMENTOS TEÓRICOS E PERCENTUAIS

A quantidade de produto calculada que se forma quando se consome todo o reagente limitante é chamada de **rendimento teórico**. Já quantidade de produto obtida de fato, chamada de rendimento real, é quase sempre menor do que o rendimento teórico, e não pode ser maior. Há muitas razões que explicam essa diferença. Por exemplo, parte dos

reagentes pode não reagir, ou pode reagir de maneira diferente da desejada (reações secundárias). Além disso, nem sempre é possível recuperar o produto a partir da mistura da reação. O **rendimento percentual** de uma reação refere-se aos rendimentos real e teórico, no caso:

$$\text{Rendimento percentual} = \frac{\text{rendimento real}}{\text{rendimento teórico}} \times 100\% \quad [3.14]$$

Figura 3. Definição de rendimento conforme Brown *et al.* (2017). Fonte: Brown *et al.*, 2017, p. 110.

Essas indagações nos levam a propor definições para os conceitos envolvidos no rendimento de uma reação química, na pureza de reagente e de produto, pois não basta saber calcular o rendimento para uma transformação ou a pureza do reagente ou do produto, mas se faz necessário compreender o significado dos números obtidos, se faz necessário compreender a teoria que embasa esse dado obtido para que então se possa replicar e aplicar em diferentes situações.

Reação química: representação qualitativa das substâncias envolvidas

Entender claramente o papel das substâncias envolvidas em uma transformação química é fundamental para compreender os conceitos quantitativos que a envolvem. Sendo assim, vamos analisar a representação, proposta na Figura 4, de uma reação entre os reagentes A e B com coeficientes estequiométricos unitários.

No esquema apresentado na Figura 4, há também a formação do coproduto, do subproduto e do produto de

interesse com contaminação. É importante que esses conceitos sejam bem compreendidos.

O coproduto é aquele inerente à reação, o qual não pode ser suprimido ou eliminado do processo. Tome-se como exemplo a reação de neutralização entre soluções de ácido sulfúrico e hidróxido de bário, representada pela equação a seguir:



267

Formam-se dois produtos: BaSO_4 e H_2O . Se BaSO_4 for o produto de interesse, H_2O é o coproduto, inerente ao processo, pois sua formação é inevitável, ou seja, não é possível reduzir ou até mesmo eliminar sua formação.

O subproduto é um produto secundário, não desejado, não intencional, formado em algumas reações químicas. Sua formação pode ser reduzida e até mesmo eliminada com emprego de controles dos parâmetros de reações e outras técnicas aplicáveis. Quando uma reação química apresenta subproduto é necessário que processos adicionais sejam efetuados para realizar a separação do subproduto do produto

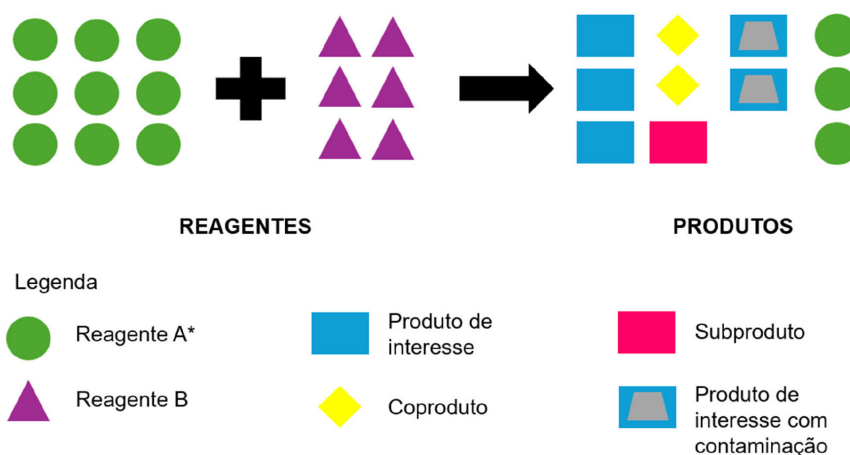


Figura 4. Representação qualitativa de uma reação química com formação de diferentes produtos e na presença de reagente em excesso. Fonte: os autores. *O Reagente A também aparece no termo de Produtos, pois trata-se de reagente em excesso (presente em quantidade superior à necessária para reação completa, de acordo com a estequiometria da reação). Pode-se compreender que o Reagente A sofreu transformação, mas não foi totalmente consumido, restando certa quantidade ao final do processo. Numa equação química não é usual representar o reagente em excesso no termo de Produtos, aqui se optou por representá-lo para fins ilustrativos.

de interesse. Como exemplo, a fermentação do açúcar para produzir etanol (produto de interesse) e pode produzir metanol (subproduto).

O produto de interesse com contaminação ocorre quando o subproduto, o coproduto, o reagente em excesso, os reagentes eventualmente não convertidos, as impurezas dos reagentes, os solventes, os catalisadores, etc., estão presentes de alguma forma e misturados ao produto de interesse, de tal forma que demande mais processos (eventualmente processos mais complexos) para purificá-lo.

Um exemplo é a reação de hidroformilação do propeno, que pode ser representada pela Figura 5.

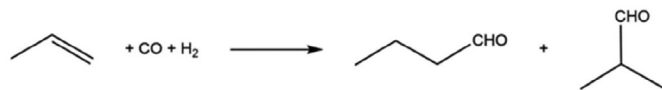
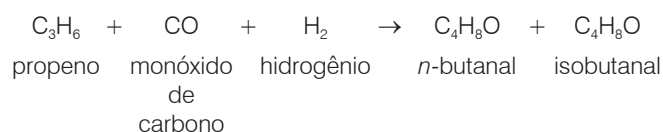


Figura 5. Representação da reação de hidroformilação do propeno. Fonte: os autores.

Pode-se representar a reação pela equação química não balanceada a seguir:



Nesse processo, o produto principal é o *n*-butanal (C_4H_8O), que é um aldeído linear com muitas aplicações industriais, como para a produção de plásticos ou solventes. A reação também apresenta um subproduto, o isobutanal (C_4H_8O), que é um aldeído ramificado, útil, mas menos desejado na indústria. A reação ainda pode apresentar como outro subproduto pequenas quantidades de propano (C_3H_8), formado pela hidrogenação indesejada do propeno. O produto de interesse nesse processo apresenta-se contaminado: por um lado, o propano (p.eb. - 42,1 °C) é mais volátil que o *n*-butanal (p.eb. 76 °C), sendo facilmente separado por destilação. O isobutanal (p.eb. 64 °C) apresenta propriedades químicas semelhantes ao *n*-butanal, necessitando de processos químicos de separação mais complexos para purificação do produto de interesse.

A partir da identificação das espécies possíveis de se encontrar em uma reação química e o que representa cada uma delas em um processo, podemos analisar os conceitos propostos para rendimento e pureza.

O que é conversão, seletividade e rendimento

Antes de falar em rendimento de uma reação, se faz necessário compreender o que significa a conversão e a seletividade de uma reação química. São esses conceitos, geralmente suprimidos dos livros técnicos, que serão tratados previamente e que estão interligados ao conceito de rendimento, contribuindo independentemente para que ele não seja 100%.

Conversão

Em um processo químico, a conversão de reagentes em produtos pode ser parcial ou total. A conversão de uma reação significa o quanto de reagente de fato se transformou em produto, e pode ser dada pela razão entre a quantidade de substância (*n*), em mol, de reagente limitante consumida durante a reação e a quantidade de substância (*n*), em mol, de reagente limitante no início do processo. A conversão é expressa em porcentagem (%).

A conversão pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$\text{Conversão} = \frac{n(\text{reagente limitante consumido})}{n(\text{reagente limitante no início})} \times 100\% \quad (1)$$

Uma vez que se está tratando da mesma substância, a relação entre massa de reagente limitante consumida e massa de reagente limitante inicialmente presente também pode ser empregada.

Os conceitos para reagente em excesso e reagente limitante geralmente são tratados nos livros técnicos destinados aos diferentes níveis de ensino, mas para compreensão da definição apresentada, pode-se referenciar aqui que reagente limitante é aquele que determina o final da reação. A reação não pode prosseguir por não haver mais o reagente (o limitante) para ser consumido. Desnecessário dizer que, se um reagente se esgota antes dos demais, todos os outros estarão em excesso relativamente a esse.

Uma maneira alternativa de se apresentar a conversão é substituir a quantidade de reagente consumido pela diferença entre a quantidade inicialmente presente e a restante ao final da reação:

$$\text{Conversão} = \frac{n(\text{reagente limitante alimentado}) - n(\text{reagente limitante ao final})}{n(\text{reagente limitante alimentado})} \times 100\% \quad (2)$$

ou

$$\text{Conversão} = \left(1 - \frac{n(\text{reagente limitante ao final})}{n(\text{reagente limitante alimentado})} \right) \times 100\% \quad (3)$$

A expressão acima ilustra que, se houver reagente limitante ao final da reação, a conversão obrigatoriamente será inferior a 100%.

Quanto maior a conversão, maior é o consumo do reagente limitante empregado no processo.

Seletividade

A seletividade de uma reação é a taxa de reagente que se transforma no produto de interesse, também chamado de produto desejado. Em uma reação química, reagentes podem ser convertidos em diferentes produtos, mas o produto de interesse pode não ser aquele que esteja presente em maior quantidade, e a seletividade expressa justamente o quanto isso é possível.

A seletividade é a razão entre a quantidade de substância (*n*), em mol, do produto de interesse formado e a quantidade de substância (*n*), em mol, de todos os produtos formados, expressa em porcentagem (%). Ela pode ser representada pela seguinte expressão:

$$\text{Seletividade} = \frac{n(\text{produto de interesse})}{n(\text{quantidade total de produtos formados})} \times 100\% \quad (4)$$

Quanto maior a seletividade, maior será a quantidade relativa do produto de interesse formada. Repare-se que, aqui, os produtos formados podem ter massas molares diferentes entre si, então não é possível fazer-se a relação em massa como pôde ser feito no caso da conversão.

Rendimento (η)

O rendimento de uma reação química, representado pelo símbolo η (eta), é a quantidade relativa de produto que é obtida ao final da transformação. O rendimento pode não atingir 100% quando ao menos um dos fatores, conversão ou seletividade, não é 100%. Quer dizer, o rendimento não é 100% quando o reagente não é totalmente transformado em produto, quando o reagente é transformado em outras substâncias além daquela de interesse, ou quando essas duas situações acontecem.

Ao se fazer uma síntese, é possível determinar quanto de produto foi obtido imediatamente após a síntese, chamado de “rendimento bruto” (quando o produto ainda está contaminado com o reagente não consumido ou com outros produtos formados), ou após a purificação, chamado “rendimento isolado”. Como o processo de purificação usualmente inclui perdas, o rendimento isolado é frequentemente inferior ao rendimento bruto.

Usualmente, se apresenta o rendimento isolado da reação (expresso em porcentagem, %), chamando-o simplesmente de rendimento (η), o qual pode ser definido como a quantidade de substância (n), em mol, do produto de interesse realmente formado em relação à quantidade de substância (n), em mol, do produto de interesse máxima possível de ser obtida a partir da estequiometria da reação.

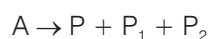
$$\eta = \frac{n(\text{produto de interesse real formado})}{n(\text{produto de interesse máximo possível})} \times 100\% \quad (5)$$

Quando necessário, a expressão pode ser alterada para expressar a razão em massa (m) ou até mesmo volume (V), uma vez que a proporção entre essas grandezas se mantém.

Quando o processo químico envolve reações paralelas, o rendimento também pode indicar o quanto a reação desejada prevaleceu sobre as reações paralelas indesejadas, que se tenta suprimir.

O rendimento de uma reação não é um parâmetro independente e não pode ser simplesmente controlado ou ajustado de forma simples em um processo químico. O rendimento é dependente da conversão e da seletividade da reação.

Para representar quantitativamente os conceitos apresentados até aqui, pode-se analisar o exemplo abaixo, de uma reação química hipotética representada por:



onde: A = reagente; P = produto de interesse; P_1 = subproduto 1; P_2 = subproduto 2.

Consideremos que foram empregados inicialmente 100 mol do reagente A e, após a reação química, foram obtidos os dados reunidos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados simulados para a reação hipotética

	A (mol)	P (mol)	P_1 (mol)	P_2 (mol)
Hipótese 1	0	100	0	0
Hipótese 2	20	44	26	10
Hipótese 3	80	10	9	1
Hipótese 4	70	30	0	0
Hipótese 5	0	45	40	15

Fonte: os autores.

Ao analisar as hipóteses apresentadas, verifica-se que, na hipótese 1, o reagente A foi totalmente consumido e houve produção apenas do produto de interesse (P). Com isso, se pode afirmar que conversão, seletividade e rendimento são totais, ou seja, 100%.

Na hipótese 2, não houve conversão total do reagente A em produtos, há uma sobra de 20 mol e, portanto, a conversão é de 80%, pois somente 80 mol foram convertidos em produtos. Houve produção de 44 mol de P, concluindo-se que a seletividade é de 55%, uma vez que, dos 80 mol de reagente A convertidos, obteve-se 44 mol do produto de interesse (P) e 36 mol dos subprodutos (P_1 e P_2). Claramente se vê que o rendimento foi de 44% (dos 100 mol disponíveis obteve-se 44 mol do produto de interesse).

Na hipótese 3, a conversão é de 20%, pois apenas 20 mol do reagente A foram convertidos em produtos. No entanto, desses 20 mol convertidos, obteve-se 10 mol do produto de interesse (P), resultando em uma seletividade de 50% e em um rendimento de somente 10%.

Na hipótese 4, observa-se que a conversão foi de 30%, uma vez que há sobra de 70 mol do reagente A empregado inicialmente. Como houve produção exclusiva do produto P, a seletividade é 100%, porém o rendimento é de 30%, uma vez que houve formação apenas de 30 mol do produto P.

Na hipótese 5, a conversão é de 100%, pois houve o consumo total do reagente A empregado. Houve a formação de 45 mol do produto P, o que resulta em seletividade de 45% e rendimento também de 45%.

Com base nessa análise hipotética, é possível evidenciar que o rendimento é dependente da conversão e da seletividade da reação, principalmente quando se observam as hipóteses 4 e 5, nas quais um dos fatores é igual a 100% e o outro fator é inferior, afetando o rendimento da reação.

A Tabela 2 consolida os valores de conversão, seletividade e rendimento para a reação hipotética discutida anteriormente.

Ressalta-se que os cálculos aqui apresentados para a reação hipotética proposta são simplificados, uma vez que a reação apresenta coeficientes estequiométricos iguais a 1.

Tabela 2. Conversão, seletividade e rendimento para a reação hipotética

	A (mol)	P (mol)	P ₁ (mol)	P ₂ (mol)	C(%)	S(%)	η(%)
Hipótese 1	0	100	0	0	100	100	100
Hipótese 2	20	44	26	10	80	55	44
Hipótese 3	80	10	9	1	20	50	10
Hipótese 4	70	30	0	0	30	100	30
Hipótese 5	0	45	40	15	100	45	45

Fonte: os autores.

Para reações com coeficientes estequiométricos diferentes de 1, as relações apresentadas também são evidenciadas, porém os cálculos demandam maior complexidade.

Pureza

Muitas vezes os reagentes empregados são impuros (brutos), contendo majoritariamente a substância de interesse que irá, de fato, reagir. Se alguma impureza também reagir, tem-se uma complicação adicional nos cálculos estequiométricos. Também pode acontecer de o produto obtido apresentar-se misturado a outros produtos. A grande maioria dos textos que mencionam pureza a apresentam como fração mássica.

A pureza pode ser representada pelo esquema apresentado na Figura 6.



Figura 6. Representação qualitativa de pureza de reagente e produto. Fonte: os autores.

Também se pode definir pureza através da seguinte expressão:

$$\text{Pureza} = \frac{m(\text{reagente ou produto puro})}{m(\text{reagente ou produto bruto})} \times 100\% \quad (6)$$

A figura acima evidencia que, quando se trata de grau de pureza de reagente, a quantidade de reagente bruto empregada é sempre maior que a quantidade de reagente puro que efetivamente poderá se converter em produto; e quando se trata de grau de pureza de produto, a quantidade total de produto impuro obtida também é sempre maior que a quantidade formada do produto de interesse.

Implicações para o ensino e prática em estequiometria

Este trabalho se propôs a definir claramente os conceitos envolvidos em alguns casos especiais de estequiometria envolvendo rendimento de reações, pureza de reagentes e produtos.

Durante o levantamento bibliográfico realizado para fundamentar a elaboração de material técnico dedicado ao estudo da Estequiometria, constatou-se a escassez de materiais que apresentem esses conceitos de maneira objetiva e clara. Muitos conceitos não são apresentados, ou são superficialmente tratados, somente com a apresentação de exemplos resolvidos.

Ressaltamos que o uso de exemplos resolvidos, analogias e representações visuais não são ineficazes e inadequados, mas são insuficientes para que o estudante ou profissional que busque maior compreensão do tema de estudo se aproprie satisfatoriamente da teoria envolvida nessas representações. Isso pode levar a equívocos na aplicação em situações que requeiram a transposição desses conceitos para exemplos que fogem àqueles apresentados nos materiais mais usuais.

Pretende-se que o material aqui apresentado possa suplementar o professor, o estudante e o profissional da Química em seus estudos relativos a Estequiometria, que contribua para suprimir erros conceituais reconhecidos em salas de aula dos diferentes níveis de ensino e que possa mitigar as dificuldades enfrentadas no ensino e na aprendizagem da Estequiometria ao longo dos cursos de Química.

Rochele da S. Fernandes (rochesfernandes@gmail.com) é mestre em Química pelo PROFQUI/UFRGS. Atualmente é doutoranda em Química pelo PPGQ/UFRGS, Porto Alegre-RS. **José R. Gregório** (jrg@ufrgs.br) é doutor em Química Orgânica e Organometálica pela Universidade de Paris VI. Atualmente é professor do Instituto de Química (Departamento de Química Inorgânica) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre-RS.

Referências

- ATKINS, P.; JONES, L. e LAVERMAN, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BRADY, J. E.; JESPERSEN, N. D. e HYSLOP, A. *Química: a natureza molecular da matéria*. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- BROWN, T. L.; LeMAY Jr., H. E.; BURSTEN, B. E.;

MURPHY, C. J. e WOODWARD, P. M. *Química: a ciência central*. 13ª ed. São Paulo: Pearson, 2017.

FELTRE, R. A. *Fundamentos da Química: química, tecnologia e sociedade*. 4ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2005.

HARRIS, D. C. *Análise Química Quantitativa*. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MELO, D. N. C. *Princípios de Processos Químicos*. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 2017.

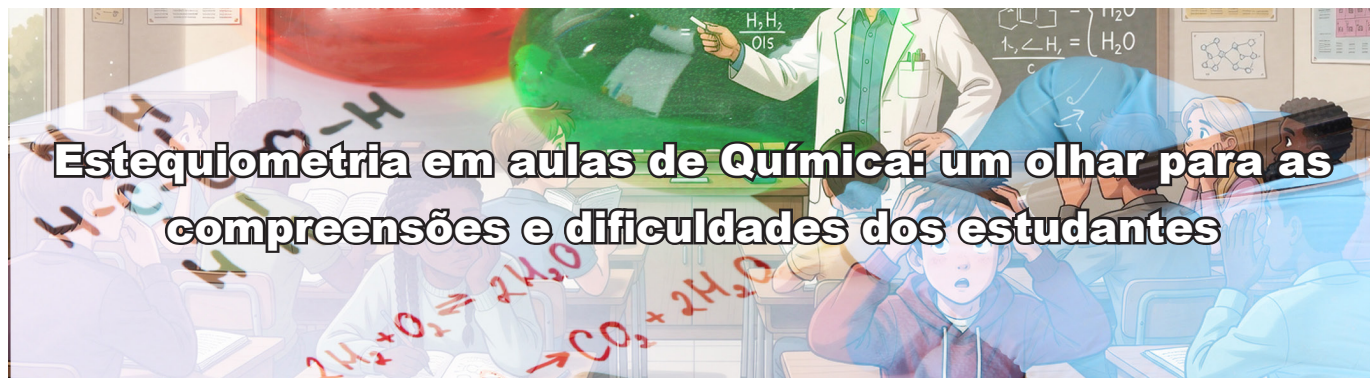
PERUZZO, F. M. e CANTO, E. L. *Química: na abordagem do cotidiano*. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 1999.

RUSSELL, J. B. *Química Geral*. 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. e CROUCH, S. R. *Fundamentos de Química Analítica*. 9ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019.

Abstract: *Fundamental concepts in stoichiometry: a definition for yield and purity.* This work addresses the challenges in teaching and learning stoichiometry, focusing on often overlooked concepts such as yield, purity of reagents and products. Despite the quantitative importance of stoichiometry in Chemistry, there is a lack of clear definitions in technical books, which prioritize solved examples over theoretical foundations. This text proposes definitions for terms like *conversion*, *selectivity*, and *yield*, highlighting their interdependence in chemical reactions. It also discusses reagents and product purity, emphasizing the need for conceptual understanding in real-world applications (laboratories and industries). The study aims to fill bibliographic gaps, assisting students and professionals in the critical interpretation of stoichiometric calculations.

Keywords: stoichiometry, reaction yield, purity of reagents and products



Tatiane Franco de Moraes Silva, Viviane Arrigo, Fabiele Cristiane Dias Broletti e Natany Dayani de Souza Assai

Com o objetivo de identificar e analisar as dificuldades e compreensões de estudantes da 3ª série do Ensino Médio sobre conceitos de estequiometria, 56 estudantes responderam a uma situação-problema envolvendo a dosagem de medicamentos, composta por quatro questões de natureza teórica e com cálculos. Para a análise dos dados, utilizou-se a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). As principais dificuldades observadas foram: relacionar massa e massa molar para determinar a quantidade de mols, estabelecer relações estequiométricas entre reagentes e produtos na equação química e calcular a quantidade necessária (massa) de um reagente para produzir uma certa quantidade de um produto. Tais dificuldades evidenciam fragilidades na articulação entre conhecimentos matemáticos e químicos. A resolução de situações-problema pode favorecer a aprendizagem, desde que seja adotada como estratégia metodológica e que essas situações sejam exploradas e discutidas em interação com o professor.

► situação-problema, dificuldades de aprendizagem, relações estequiométricas ◀

Recebido em 24/11/2025; aceito em 20/04/2026

Introdução

Na Educação Básica, o ensino de Química está centrado na compreensão da matéria, de suas características, propriedades e transformações, com base em sua constituição nos níveis atômico, molecular e iônico (Pozo e Crespo, 2009). Para Costa e Zorzi (2009), muitos estudantes enfrentam dificuldades na interpretação e resolução de problemas que envolvem cálculos estequiométricos, possivelmente porque esses conteúdos são frequentemente apresentados de forma descontextualizada da realidade, com ênfase excessiva no aspecto matemático e pouca atenção à interpretação química. Essa abordagem tende a mecanizar a resolução de problemas, restringindo-se à aplicação de exercícios de fixação. Segundo Machado *et al.* (2013), esse tipo de exercício pouco contribui para a construção de novos conhecimentos.

Nesta investigação destacamos as dificuldades relacionadas ao estabelecimento de relações quantitativas entre massa, quantidades de substância, número de átomos, entre outros aspectos (Pozo e Crespo, 2009), uma vez que nosso objeto de estudo são as dificuldades de estudantes do Ensino Médio com o conteúdo de estequiometria.

De acordo com a pesquisa realizada por Dahsah e Coll

(2008), a respeito das compreensões de estudantes tailandeses sobre conceitos de estequiometria, constatou-se que os conceitos de massa atômica, massa molecular, mol, concentração, equação química e relações quantitativas em reações químicas são de difícil compreensão por parte dos estudantes da Educação Básica. Essa dificuldade torna-se ainda mais evidente quando os conceitos são abordados em situações que exigem o estabelecimento de relações quantitativas.

Batinga (2010), em sua tese, investigou as abordagens adotadas por professores de Química do Ensino Médio na resolução de problemas de estequiometria e observou que, em geral, há uma tendência a priorizar exercícios repetitivos em detrimento de problemas mais complexos. O estudo ressaltou a necessidade de integrar estratégias de resolução de problemas na formação inicial e continuada dos professores, com o objetivo de aprimorar a abordagem desse conteúdo nas aulas de Química.

Conforme discutem Souza e Batinga (2023), a Resolução de Problemas (RP) é uma metodologia que oferece possibilidades para envolver estudantes e professores em atividades de ensino por meio da apresentação de problemas contextualizados, interativos e significativos, em contraste com a prática de exercícios que enfatizam ações

mecânicas voltadas à memorização de conteúdos, fórmulas e regras matemáticas. Há de se reconhecer a necessidade dos cálculos e fórmulas, uma vez que determinados conhecimentos demandam consolidação por meio desse processo; entretanto, a crítica tecida neste trabalho refere-se à predominância desse tipo de abordagem no ensino e aprendizagem de Química.

Essas discussões motivaram a realização de uma pesquisa de mestrado com estudantes da 3ª série do Ensino Médio, orientada pela seguinte questão de investigação: *Quais são as compreensões demonstradas por estudantes da 3ª série do Ensino Médio acerca da estequiometria e dos conceitos a ela relacionados?* Para isso, foi elaborada uma situação-problema contextualizada sobre o tema “Medicamentos”, a qual foi proposta para os estudantes, após a professora abordar o conteúdo de estequiometria em sala de aula.

Esclarecemos que, embora consideremos a metodologia da RP promissora para o ensino e a aprendizagem de estequiometria, neste estudo a resolução de problemas foi empregada como instrumento para acessar as compreensões e dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos envolvidos. Portanto, o objetivo central desta pesquisa foi identificar e analisar as dificuldades e compreensões de estudantes da 3ª série do Ensino Médio sobre conceitos de estequiometria.

Estequiometria em aulas de Química

A estequiometria (do grego *stoicheion*, “elemento”, e *metron*, “medida”) é o ramo da Química que estuda as quantidades de substâncias consumidas e formadas nas reações químicas (Brown *et al.*, 2016, p. 84). Trata-se, portanto, da análise das relações quantitativas entre os reagentes e os produtos, representados por meio de fórmulas e equações químicas. Um dos princípios fundamentais desse campo é a Lei da Conservação da Massa, formulada pelo químico francês Antoine Lavoisier no final do século XVIII, segundo a qual a massa total dos produtos de uma reação química é igual à massa total dos reagentes (Brown *et al.*, 2016).

Para examinar a quantidade de substâncias envolvidas nas equações químicas, é preciso compreender conceitos como fórmula molecular, massa atômica, massa molecular, mol, massa molar, bem como suas inter-relações quantitativas. O conteúdo de estequiometria, além de abordar conceitos essenciais para a aprendizagem da Química, contempla também noções subjacentes, como a conservação da massa e a relação entre reagentes e produtos, articulando-se com conceitos de outras áreas, como os cálculos matemáticos.

O desenvolvimento do cálculo estequiométrico requer o domínio de três linguagens: matemática – aritmética e proporção, física – unidades do Sistema Internacional e Medidas e química – simbologia, grandezas e equações químicas (Pio, 2006; Raupp *et al.*, 2023). Cazzaro (1999) e Andrade (2018) ressaltam que a aprendizagem do cálculo estequiométrico demanda o desenvolvimento de diversas habilidades, entre elas: raciocínio proporcional, operações

aritméticas, compreensão dos conceitos de equações químicas, mol, massas molares e, sobretudo, a interpretação adequada dessas equações.

Santos e Silva (2014) apontam que as principais dificuldades de aprendizagem no ensino de estequiometria estão relacionadas à abstração e à transição entre os níveis de representação da matéria, à grandeza da constante de Avogadro, à confusão entre os conceitos de mol, quantidade de matéria e massa molar, além das dificuldades no manejo dos cálculos matemáticos. Ademais, a complexidade do vocabulário químico associado aos problemas estequiométricos pode dificultar a aplicação de operações matemáticas simples pelos alunos (Le Maire *et al.*, 2018).

Essas dificuldades podem ser analisadas considerando o modo como o conteúdo é comumente apresentado aos estudantes, descontextualizado da realidade, com ênfase no aspecto matemático em detrimento da interpretação química. Além disso, observa-se uma tendência a mecanização da resolução de problemas, com a aplicação exclusiva de exercícios de fixação, o que pouco contribui para a aprendizagem dos estudantes (Machado *et al.*, 2013).

Santos (2013) e Costa e Souza (2013) constataram que as dificuldades enfrentadas pelos alunos na aprendizagem da estequiometria estão relacionadas à compreensão de conceitos fundamentais, à aplicação de cálculos e ao balanceamento de reações, à interpretação de conceitos como mol e massa molar, além das transições entre as representações macroscópicas e microscópicas da matéria. Tais obstáculos são frequentemente atribuídos a um modelo de ensino centrado na mecanização dos cálculos e na ausência de contextualização, o que resulta em uma aprendizagem superficial e desmotivadora.

Livramento *et al.* (2018) observaram que diversas dificuldades dos estudantes em relação à estequiometria estão associadas à metodologia de ensino adotada, a qual não se mostra eficaz para engajá-los na realização das atividades. A integração de sequências didáticas contextualizadas e de abordagens fundamentadas na resolução de problemas, articuladas a temas sociais, políticos e tecnológicos, pode favorecer a compreensão dos conceitos químicos. Os autores complementam que a incorporação de propostas interdisciplinares também pode contribuir para superar essas dificuldades, promovendo uma formação mais sólida e uma maior familiarização com os conteúdos de Química (Livramento *et al.*, 2018). Segala *et al.* (2025), por sua vez, utilizaram um canal do *youtube* com vídeo-listas para resolução de problemas variados de estequiometria com estudantes do Ensino Médio. Os resultados apontaram que a utilização de enunciados variados e problemas contextualizados mostraram-se promissores para a aprendizagem de cálculos estequiométricos, e que, explorar diferentes métodos de resolução de problemas pode ajudá-los a encontrar a estratégia que melhor se adapta ao estilo de aprendizagem de cada aluno.

Carletto *et al.* (2019) analisaram a aplicação da metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) com

estudantes da 3ª série do Ensino Médio no ensino de estequiometria. Os resultados mostraram que a ABP contribuiu para a aprendizagem, auxiliando na superação de dificuldades como a falta de base matemática e a complexidade do conteúdo. Além disso, gerou motivação e interesse entre os estudantes, que consideraram a abordagem mais eficaz e menos exaustiva.

Encaminhamento metodológico

Esta pesquisa, de natureza qualitativa, concentra-se na compreensão dos significados e experiências dos indivíduos em contextos específicos, tendo como objetivo a interpretação e a construção de significados. Diferente-se, portanto, dos métodos quantitativos, que se voltam para a generalização e a mensuração de dados numéricos (Flick, 2009). Trata-se de uma pesquisa descritiva, pois apresenta foco definido – as dificuldades e compreensões dos estudantes em estequiometria – e a análise concentra-se em tais dificuldades, descrevendo padrões, erros e a forma como os estudantes raciocinam cientificamente e matematicamente (Gil, 2017).

Os dados discutidos são provenientes de uma pesquisa de mestrado com participação de três turmas da 3ª série do Ensino Médio do turno matutino, de um colégio da rede estadual localizado no Norte do Paraná, totalizando 56 estudantes com faixa etária entre 15 a 17 anos. A pesquisadora responsável por essa investigação também desempenha a função de professora das turmas investigadas, portanto, por conveniência escolheu-se o colégio e as turmas em que a professora lecionava. A coleta de dados ocorreu

Os dados discutidos são provenientes de uma pesquisa de mestrado com participação de três turmas da 3ª série do Ensino Médio do turno matutino, de um colégio da rede estadual localizado no Norte do Paraná, totalizando 56 estudantes com faixa etária entre 15 a 17 anos. A pesquisadora responsável por essa investigação também desempenha a função de professora das turmas investigadas, portanto, por conveniência escolheu-se o colégio e as turmas em que a professora lecionava.

por meio da resolução, pelos alunos, de uma situação-problema (SP) contextualizada sobre o tema “Medicamentos” (Figura 1).

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, sob o número do CAAE: 68485223.7.0000.5231. A resolução da SP ocorreu individualmente após a abordagem do conteúdo, pois, conforme esclarecido na Introdução o foco da pesquisadora não era investigar o método da resolução de problemas, mas sim identificar e analisar as dificuldades e compreensões dos estudantes na resolução de uma SP sobre estequiometria. Os estudantes responderam a SP em 1 hora/aula e as respostas fornecidas foram transcritas em uma planilha, passando a constituir o *corpus* desta investigação. Para especificar e garantir o anonimato dos alunos, durante a transcrição das respostas utilizamos os códigos A1, A2,..., A56.

Para a análise dos dados foram interpretadas as respostas dos estudantes para cada questão da SP, as quais foram submetidas aos procedimentos da Análise de Conteúdo (AC), conforme proposto por Bardin (2016). Conforme a autora, a AC compreende três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A pré-análise tem como objetivo a organização dos

dados, sendo por meio da leitura flutuante que o pesquisador toma decisões quanto à escolha dos documentos e à constituição do *corpus*, material a ser analisado (Bardin, 2016).

Na exploração do material, foram inicialmente identificados os conceitos de estequiometria necessários para a resolução de cada questão da SP. Esse processo levou à

A dosagem correta de medicamentos é extremamente importante para garantir que o paciente receba a quantidade apropriada para o tratamento da sua condição médica. Nesse sentido, é essencial que a reação química do medicamento no organismo seja adequada e que não haja excesso ou falta do medicamento no corpo. A dosagem incorreta pode levar a efeitos colaterais graves e até mesmo colocar a vida do paciente em risco. Existem muitos fatores que podem afetar a dosagem de um medicamento, incluindo a idade do paciente, peso, sexo, condições médicas subjacentes e outros medicamentos que o paciente está tomando. Por isso, é importante que os profissionais de saúde prescrevam a dosagem considerando todos os fatores relevantes. Além disso, é importante que os pacientes sigam as instruções cuidadosamente, incluindo a frequência e o horário de administração. Um paciente com dor de cabeça forte decide tomar um analgésico sem prescrição médica. Ele toma 3 comprimidos do analgésico de 500mg sendo que a dosagem recomendada para um adulto é de apenas 500mg. Como resultado ele apresenta sintomas como náuseas, tontura e visão turva. O paciente precisou ser levado ao hospital, onde foi tratado e monitorado para evitar complicações. Diante da situação apresentada, responda: **1)** Qual é a relação da estequiometria com a dosagem de medicamentos?

2) Considere que o medicamento ingerido pelo paciente seja o paracetamol, um fármaco com potente ação analgésica e antitérmica, que em excesso pode causar intoxicação. Sabendo que a dose adequada para um adulto com febre é de 500mg, calcule a massa de paracetamol há em um comprimido. Dados: MM do paracetamol ($C_8H_9O_2N$) = 151g/mol.

3) O paracetamol é sintetizado a partir da reação do p-aminofenol com anidrido acético, conforme a equação química abaixo.

$\text{p-aminofenol} + \text{anidrido acético} \rightarrow \text{paracetamol} + \text{ácido acético}$

Devido às suas aplicações farmacológicas, o paracetamol é utilizado na forma de comprimidos, nos quais se emprega tipicamente uma massa de 500mg dessa substância.

a) Escreva a fórmula molecular de todos os compostos presentes na equação química.

b) Sabendo que a dose diária máxima de paracetamol é de 4000mg, calcule a massa de p-aminofenol utilizada para fabricar a quantidade de comprimido recomendada na dose diária. Dados: MM do p-aminofenol = 109g/mol; MM do paracetamol = 151g/mol.

Figura 1: Situação-problema. Fonte: Os autores (2026).

seleção dos seguintes conceitos: relações quantitativas em cálculos químicos (questões 1 e 2); relações quantitativas em reações químicas (questão 3b); massa (questões 1, 2 e 3b); mol (questões 2 e 3b); massa molar (questões 2 e 3b); massa molecular (questão 2); fórmula molecular, fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão (questão 3a).

Na etapa de categorização nos debruçamos nas respostas dos estudantes para cada questão e percebemos que o melhor caminho para as categorizar seria com base nos erros, acertos e limitações conceituais identificadas. Assim, foi possível construir categorias durante a análise, as quais, segundo Bardin (2016), podem ser classificadas como categorias *a posteriori* ou emergentes. Elas foram numeradas e especificadas de acordo com a questão à qual se referem. Por exemplo, a categoria C1(2) compreende a primeira categoria referente à questão 2 da SP. No Quadro 1 estão apresentadas as categorias que emergiram de cada questão e o processo detalhado de categorização.

Na etapa de tratamento dos resultados, foram realizadas interpretações inferenciais com base em uma análise intuitiva, reflexiva e crítica (Bardin, 2016), o que permitiu constatações sobre as compreensões e dificuldades dos estudantes acerca da estequiometria.

Análise dos dados

No Quadro 1 apresentamos uma síntese da categorização das respostas e do percentual de estudantes que demonstrou alguma compreensão dos conceitos investigados em cada questão da SP. Em seguida são discutidas as compreensões e dificuldades dos estudantes para cada um dos conceitos separadamente, a fim de detalhar como os estudantes exploram cada um deles nas diferentes questões (teóricas ou envolvendo cálculos matemáticos). Esse movimento permitiu identificar que a principal dificuldade dos estudantes está na articulação entre os conceitos de massa, massa molecular, mol e massa molar, dificuldades que se agravam quando a questão exige o estabelecimento de relações estequiométricas.

Relações quantitativas em cálculos químicos

As relações quantitativas em cálculos químicos descrevem as quantidades de reagentes e produtos em uma reação, fundamentadas nas leis da Química, sendo essenciais para determinar a quantidade de matéria consumida ou produzida, utilizando unidades como massa, volume ou número de entidades elementares (Atkins e Jones, 2012).

As questões que abordam esse conceito são as de número 1 e 2. Enquanto a resolução da primeira questão não exigia cálculos, a segunda demandava o cálculo do número de mols de paracetamol contido em um comprimido de 500 mg. Observou-se que 41,1% dos estudantes demonstraram compreensão do conceito na primeira questão; entretanto, esse percentual reduziu-se para apenas 5,3% na segunda, como se verifica nos exemplos a seguir:

A1: “A estequiometria relaciona-se com a dosagem

de medicamentos, devido ao cálculo da quantidade ideal de substâncias para o organismo” C1(1)

A5: “Tem relação sobre a quantidade da dosagem de medicamentos correta” C1(1)

A27: “Para calcular quantos mols de paracetamol há em um comprimido de 500 mg, é preciso dividir a massa do paracetamol pela sua massa molar. O resultado final é de 0,00331 mol de paracetamol em um comprimido de 500 mg. É importante ressaltar que a dosagem adequada de um medicamento depende de diversos fatores e deve ser prescrito por um profissional de saúde” C1(2)

A42: “ $0,5/151 = 0,00331$ mol” C1(2)

Com base em Pozo e Crespo (2009), é possível inferir que os estudantes apresentaram maiores dificuldades relacionadas ao raciocínio proporcional do que ao raciocínio interpretativo. Segundo Lamon (1993), o raciocínio proporcional está associado à habilidade de realizar análises conscientes da relação entre quantidades, o que é perceptível quando se analisa argumentos e explicações fornecidos pelos estudantes sobre as relações proporcionais, como exemplificado a seguir:

A13: “Porque cada medicamento causa uma reação e se aumentar a dosagem vai causar uma reação” C2(1)

A17: “A estequiometria consegue fazer a medição de massa, e assim se pode dar uma dosagem de um medicamento” C2(1)

A16: “ $0,5/151 = 0,0033112583$ ” C2(2)

A1: “ $0,5/151 = 0,003$ g/mol” C3(2)

Os autores Costa e Ponte (2008) enfatizam que o raciocínio proporcional é fundamental para a resolução de problemas em diversas áreas do conhecimento. Trata-se de um tópico que possibilita estabelecer conexões com o cotidiano dos estudantes, com outros conteúdos da matemática e com diferentes disciplinas, constituindo-se como um elemento essencial na iniciação ao pensamento algébrico.

Relações quantitativas em reações químicas

As relações quantitativas em reações químicas descrevem as proporções entre reagentes e produtos, permitindo calcular a quantidade de uma substância a partir de outra, com base em equações químicas balanceadas. Essas relações são fundamentadas nas leis da Conservação de Massa e da Energia, utilizando unidades como mols, massa, volume ou número de partículas (Brown et al., 2016).

A questão que aborda esse conceito é a 3b. Para resolvê-la, era necessário realizar uma regra de três simples para calcular a massa de p-aminofenol a partir da massa de paracetamol, considerando a proporção estequiométrica entre as substâncias na equação química. Observou-se que apenas 14,3% dos estudantes conseguiram relacionar corretamente a massa em gramas com a massa molar, como verifica-se nas respostas de A21 e A40. Esse baixo percentual evidencia dificuldades na realização de uma análise

Quadro 1: Categorização das respostas dos estudantes para as questões da SP

QUESTÃO	CONCEITOS DERIVADOS DA QUESTÃO	CATEGORIAS	Nº DE RESPOSTAS (%)
1	Relações quantitativas em cálculos químicos.	C1(1) – Relacionam a estequiometria com a dosagem dos medicamentos a partir das relações quantitativas em cálculos químicos.	23 (41,1%)
		C2(1) – Não relacionam a estequiometria com a dosagem dos medicamentos.	30 (53,6%)
		C3(1) – Sem resposta.	03 (5,3%)
2	Relações quantitativas em cálculos químicos; massa; mol; massa molar; massa molecular.	C1(2) – Realizam os cálculos químicos com base nas relações quantitativas entre as grandezas massa, mol, massa molar e massa molecular.	03 (5,3%)
		C2(2) – Realizam os cálculos químicos com base nas relações quantitativas entre as grandezas massa, mol, massa molar e massa molecular, mas não reconhecem as unidades de medida.	20 (35,7%)
		C3(2) – Não realizam os cálculos químicos com base nas relações quantitativas entre as grandezas massa, mol, massa molar e massa molecular.	27 (48,3%)
		C4(2) – Sem resposta.	06 (10,7%)
3a	Fórmula molecular; fórmula estrutural; fórmula estrutural em bastão.	C1(3a) – Escrevem as fórmulas moleculares com base na fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão.	22 (39,3%)
		C2(3a) – Escrevem as fórmulas moleculares com base na fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão, mas não apresentam todas as fórmulas.	02 (3,6%)
		C3(3a) – Não escrevem as fórmulas moleculares com base na fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão.	24 (42,8%)
		C4(3a) – Sem resposta.	08 (14,3%)
3b	Relações quantitativas em reações químicas; massa; mol; massa molar.	C1(3b) – Realizam os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas a partir das grandezas massa, mol e massa molar.	08 (14,3%)
		C2(3b) – Realizam os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas a partir das grandezas massa, mol, massa molar, mas não reconhecem as unidades de medida.	11 (19,6%)
		C3(3b) – Não realizam os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas a partir das grandezas massa, mol, massa molar.	24 (42,9%)
		C4(3b) – Sem resposta.	13 (23,2%)

Fonte: Os autores (2026).

quantitativa das substâncias consumidas e produzidas na reação, conforme os exemplos apresentados a seguir:

A21: “ $436/151 = 2,88$. A quantidade aproximada de p-aminofenol é de 2,88 gramas” C1(3b)

A40: “ $4/151 = 0,0265 \text{ mol} \rightarrow 0,0265 \text{ mol} \times 109,9 \text{ mol} = 2,9 \text{ g}$ ” C1(3b)

Dahsah e Coll (2008), ao analisarem as relações quantitativas estabelecidas pelos estudantes, observaram que apenas 3% de um total de 97 estudantes conseguiram relacionar volume, mol e número de moléculas, enquanto 32% foram capazes de estabelecer uma relação entre mol e número de moléculas em uma reação. Verifica-se a dificuldade dos estudantes em articular matematicamente os conceitos envolvidos na estequiometria, como vemos a seguir:

A42: “ $436/151 = 2,8$ ” C2(3b)

A4: “ $0,4/109 = 0,00366972$ ” C3(3b)

A11: “ $4 \times 109 \times 151 = 65,836 \text{ g/mol}$ ” C3(3b)

O cálculo estequiométrico estabelece uma relação quantitativa entre a quantidade de reagentes e produtos em uma reação química. Pozo e Crespo (2009) analisam que, para o aluno aplicar as leis quantitativas da Química e resolver problemas que envolvem cálculos matemáticos, é necessário que ele desenvolva estratégias mais ou menos complexas que permitam organizar os processos sucessivos para encontrar uma solução. Neste caso, podemos inferir que os estudantes apresentaram dificuldades em estabelecer estratégias, especialmente no que diz respeito à organização das informações, à articulação entre os conceitos envolvidos e à realização dos cálculos necessários.

Massa

A massa corresponde à medida da quantidade de matéria presente em um corpo. Trata-se de uma propriedade essencial da matéria, geralmente expressa em unidades como gramas ou quilogramas, sendo fundamental para o estudo das transformações químicas e para os cálculos envolvendo às leis ponderais (Feltre, 2011). As questões que abordam esse conceito são as de número 1, 2 e 3b, com percentuais de compreensão de 41,1%, 5,3% e 14,3%, respectivamente.

A resolução da primeira questão exigia uma análise quantitativa relacionada à dosagem de medicamentos e à estequiometria da reação; contudo, tratava-se de uma análise interpretativa, sem a necessidade de realizar cálculos. Para a resolução da segunda questão, exigia-se que o aluno realizasse, inicialmente, uma conversão de unidades (de miligramas para gramas) e, em seguida, por meio da regra de três simples, calcular a massa correspondente aos medicamentos indicados. Na questão 3b, o aluno precisava iniciar com a análise estequiométrica da equação química, realizar a conversão de unidades (mg para g) e, posteriormente, realizar uma regra de três simples para calcular a massa de p-aminofenol a partir da massa do paracetamol.

Ao analisar as respostas das três questões, verificamos que os estudantes apresentaram melhor desempenho na primeira, por se tratar de uma questão teórica que não exigia o estabelecimento de relações quantitativas para sua resolução. Observou-se que a maioria dos estudantes demonstrou dificuldades na compreensão das grandezas envolvidas, não reconhecendo corretamente as unidades de medida (grama, mol, g/mol) e, conseqüentemente, não realizando os cálculos químicos com base nas relações quantitativas envolvendo o conceito de massa, como evidenciam os exemplos apresentados a seguir:

A25: “ $0,5/151 = 0,0033$ ” C2(2)

A26: “ $436/151 = 2,88$ ” C2(3b)

Mol

O mol é a unidade do Sistema Internacional (SI) empregada para quantificar as entidades químicas. Define-se como a quantidade de matéria que contém exatamente $6,022 \times 10^{23}$ entidades elementares, valor conhecido como número de Avogadro. Essas entidades elementares podem incluir átomos, moléculas, íons, elétrons ou outras partículas, dependendo da substância em análise (Brown *et al.*, 2016).

As questões que abarcam esse conceito são as de número 2 e 3b. Ambas exigiam cálculos, sendo que a questão 3b, além dos cálculos, demandava uma análise estequiométrica da reação. Na questão 2, que relaciona o número de mol à massa em gramas do medicamento, apenas 5,3% dos estudantes demonstraram compreensão do conceito. Já na questão 3b, que relaciona o conceito mol à massa molar das substâncias, esse percentual foi de 14,3%.

Dessa forma, observa-se que, em ambas as questões, os estudantes apresentaram dificuldades na compreensão do conceito de mol, especialmente no contexto das leis

quantitativas da Química. Essas dificuldades são evidenciadas nas respostas a seguir:

A49: “ $0,5/151 = 0,0033$ ” C2(2)

A10: “ $0,5/151 = 0,0033126 = 331126.108$ ” C3(2)

A19: “ $436/151 = 2,88$ ” C2(3b)

A33: “ $4000 \times 151 / 100 = 6040 \rightarrow 6040 - 4000 = 2.040 \text{ g}$ ” C3(3b)

Ao analisar as dificuldades relacionadas aos conceitos envolvidos nas leis quantitativas da Química, Pozo e Crespo (2009) destacam que o mol constitui o conceito-chave na maioria dessas leis e, simultaneamente, representa o principal entrave à compreensão por parte dos estudantes. Nesse caso, inferimos que uma ausência de consolidação do conceito de mol acentua possíveis dificuldades em cálculos químicos.

Massa molar

A massa molar é definida como a massa de um mol de uma substância, expressa em gramas por mol (g/mol). Ela corresponde à massa de uma quantidade de matéria que contém exatamente $6,022 \times 10^{23}$ entidades elementares, conforme o número de Avogadro (Brown *et al.*, 2016).

O conceito massa molar foi abordado nas questões 2 e 3b, ambas envolvendo cálculos com as massas molares das substâncias. A segunda questão solicitava o cálculo do número de mols de paracetamol presentes em um comprimido de 500mg. Para resolvê-la, o aluno precisava compreender o conceito de massa molar e saber relacioná-lo ao número de mols.

Para solucionar a terceira questão, era necessária a interpretação da reação química descrita no problema. Em seguida, era necessário realizar o cálculo utilizando as massas molares do p-aminofenol e do paracetamol a fim de determinar a quantidade de reagente necessária.

Ao analisar as respostas dos estudantes para ambas as questões, observou-se a falta de compreensão do conceito de massa molar e a dificuldade em realizar os cálculos correspondentes, semelhante ao que foi verificado no tratamento do conceito de mol, verificado nas respostas de A49, A10, A19 e A33.

Massa molecular

A massa molecular corresponde à soma das massas atômicas dos átomos que constituem uma molécula, considerando as quantidades relativas de cada átomo conforme sua presença na fórmula molecular. Essa grandeza é expressa em unidades de massa atômica (u) e representa a quantidade de matéria contida em uma molécula, estando diretamente relacionada à sua composição atômica (Brown *et al.*, 2016).

O referido conceito foi abordado na questão 2, que exigia a realização de um cálculo utilizando a massa molecular do paracetamol, previamente informada no enunciado. No entanto, observou-se que muitos estudantes não utilizaram essa informação ou não conseguiram relacioná-la adequadamente às demais grandezas envolvidas no problema. Infere-se que os estudantes apresentam uma compreensão limitada do

conceito de massa molecular, evidenciada pela dificuldade em estabelecer conexões com outros conteúdos fundamentais da estequiometria, como mol, massa molar e quantidade de matéria, como exemplificado a seguir:

A41: “ $0,5/151 = 0,0033$ ” C2(2)

A50: “ $151x = 0,5 \rightarrow 302g$ ” C3(2)

A análise percentual da compreensão dos estudantes indicou que apenas 5,3% conseguiram estabelecer relações conceituais adequadas para resolver a questão. Esse resultado corrobora os encontrados por Dahsah e Coll (2008), que identificaram que apenas 10,3% de um total de 97 estudantes apresentaram uma compreensão sólida do conceito em questão, enquanto 32% demonstraram compreendê-lo de forma parcial.

Fórmula molecular, fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão

Na Química, as fórmulas moleculares, estruturais e estruturais em bastão desempenham papéis fundamentais na representação e compreensão das substâncias químicas e suas interações. A fórmula molecular expressa a quantidade exata de átomos de cada elemento presente em uma molécula, sem detalhar a sua disposição espacial. A fórmula estrutural, por sua vez, revela a conectividade entre os átomos e suas ligações, oferecendo uma visão mais completa da estrutura molecular. Já a fórmula estrutural em bastão utiliza linhas para representar as ligações covalentes, proporcionando uma representação simplificada da molécula, com ênfase na disposição das ligações (Brown *et al.*, 2016).

O conceito foi abordado na questão 3a, que apresentou um percentual de acertos de 39,3%. Observou-se que essa foi uma das questões com menor grau de dificuldade para os estudantes, uma vez que sua resolução exigia apenas a identificação da fórmula molecular a partir das fórmulas estruturais dos compostos presentes na equação química. Essa tendência pode ser verificada nas respostas exemplificadas a seguir:

A1: “p-aminofenol = C_6H_7NO , anidrido acético = $C_4H_6O_3$, paracetamol = $C_8H_9NO_2$, ácido acético = $C_2H_4O_2$ ” C1(3a)

A25: “p-aminofenol = C_6H_7NO , anidrido acético = $(CH_3CO)_2O$, paracetamol = $C_8H_9NO_2$, ácido acético = CH_3COOH ” C1(3a)

Ainda que a questão não exigisse cálculos para sua resolução, o percentual de acertos não pode ser considerado expressivo. As dificuldades em representar corretamente as fórmulas moleculares dos compostos são evidenciadas nos exemplos apresentados a seguir:

A32: “p-aminofenol = ?, anidrido acético = $C_4O_3H_6$, paracetamol = $C_8H_9NO_2$, ácido acético = $C_4O_3H_6$ ” C2(3a)

A37: “ C_6H_7NO ” C2(3a)

A14: “ $C_6N_1O_1H_3 / C_4H_6O_3 / C_9H_5O_2N_1 / C_2H_4O_2$ ” C3(3a)

A35: “ $CH_2CHNH_2CH_2CH_2CH_2$, $CHCH_2H_3COCHOCH_3OCH_3$, $CH_6OHNHOCH_3$, H_3CHO_2OH ” C3(3a)

Verifica-se uma resposta incompleta (A37) e respostas incorretas (A32, A14 e A35), indicando dificuldades que podem estar associadas a conteúdos introdutórios de Química Orgânica, como o reconhecimento e a classificação de cadeias carbônicas. No Gráfico 1, apresentamos os percentuais

que indicam as compreensões e dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos investigados.

A cor verde (C1) representa as categorias em que foram alocadas as respostas consideradas corretas. A cor amarela (C2) corresponde às respostas em que os estudantes apresentaram dificuldades, mas não apresentaram equívocos conceituais, como, por exemplo: não relacionar a estequiometria com a dosagem dos medicamentos, não reconhecer as unidades de

medida na realização dos cálculos ou representar de forma incompleta as fórmulas moleculares dos compostos em uma reação química. A cor rosa (C3) refere-se às respostas que apresentaram equívocos conceituais, tais como: não realizar os cálculos com base nas relações quantitativas entre as grandezas químicas, não reconhecer as fórmulas moleculares dos compostos em uma reação química ou não realizar os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas. A cor cinza (C4) indica os casos em que os estudantes deixaram a questão sem resposta.

É perceptível que os conceitos nos quais os estudantes mais demonstraram dificuldades foram aqueles envolvidos em questões que exigiam a realização de cálculos matemáticos, como a questão 2, com um percentual de compreensão de apenas 5,3% e a questão 3b, com 14,3%. No caso da questão 2, o ponto nevrálgico identificado nas respostas foi a omissão das unidades de medida, observada em 35,7% dos estudantes. Na questão 3b, também foi identificado um percentual de estudantes (19,6%) que não reconheceu as unidades de medida durante a realização dos cálculos. A ausência das unidades de medida nas respostas é um indicativo relevante das dificuldades enfrentadas pelos estudantes na construção de relações conceituais por meio de cálculos matemáticos.

Considerações finais

Diante do objetivo de identificar e analisar as dificuldades

É perceptível que os conceitos nos quais os estudantes mais demonstraram dificuldades foram aqueles envolvidos em questões que exigiam a realização de cálculos matemáticos, como a questão 2, com um percentual de compreensão de apenas 5,3% e a questão 3b, com 14,3%. No caso da questão 2, o ponto nevrálgico identificado nas respostas foi a omissão das unidades de medida, observada em 35,7% dos estudantes.



Gráfico 1: Percentuais de compreensão e dificuldade dos estudantes para as questões analisadas. Fonte: Os autores (2025).

e compreensões de estudantes da 3ª série do Ensino Médio em relação aos conceitos de estequiometria, verificou-se que os estudantes demonstram maior facilidade na compreensão de conceitos quando estes são abordados de forma isolada, no entanto, apresentam dificuldades significativas para estabelecer conexões entre eles. As principais dificuldades identificadas foram: relacionar massa e massa molar para determinar a quantidade de mols em um comprimido de 500 mg de paracetamol; estabelecer relações estequiométricas entre reagentes e produtos na equação química; e calcular a quantidade necessária de p-aminofenol (massa) para produzir 4000 mg de paracetamol.

Ademais, observou-se um número expressivamente menor de acertos nas questões que envolviam cálculos matemáticos, em comparação às questões de caráter mais teórico sobre os mesmos conceitos. Estes resultados corroboram os achados da literatura, que apontam a estequiometria como um conteúdo de alta complexidade no ensino de Química, especialmente pela articulação de conceitos abstratos com cálculos matemáticos. O presente estudo corrobora resultados já reportados na literatura, tanto em pesquisas nacionais quanto internacionais.

Como diferencial, destaca-se a discussão individual dos conceitos, que revelou a fragilidade na integração entre os conhecimentos matemáticos e químicos nas relações estequiométricas. Ademais, os achados evidenciam que as dificuldades dos estudantes em relação à estequiometria, embora já identificadas em investigações realizadas há mais de 10 anos, ainda persistem. Tal constatação reforça a necessidade de se buscar e implementar caminhos metodológicos que contribuam para a minimização dessas dificuldades.

Cabe destacar que, neste trabalho, a resolução de SP não

foi adotada como metodologia de ensino, pois objetivava-se identificar e analisar as dificuldades e compreensões dos estudantes em relação à estequiometria. Assim, a SP foi apresentada apenas após a abordagem dos conteúdos, sem que houvesse sua discussão ou problematização em conjunto com os estudantes.

Tal escolha metodológica mostrou-se, ao mesmo tempo, adequada e limitadora. Por um lado, foi adequada por possibilitar a identificação de dificuldades relevantes, sobretudo aquelas relacionadas à articulação entre conceitos químicos e cálculos matemáticos. Por outro lado, revelou-se limitadora, uma vez que, embora a literatura aponte o potencial do trabalho com SP para a melhoria da aprendizagem, e concordarmos com essa perspectiva, os dados deste estudo não permitem sustentar tal afirmação.

Diante das dificuldades dos estudantes, evidenciadas neste estudo, defende-se a importância e a necessidade de problematizar o conteúdo de estequiometria por meio de SP. Essa abordagem possui potencial para estimular o pensamento dos estudantes e favorecer a proposição de estratégias de resolução, especialmente em atividades que envolvem cálculos estequiométricos, desde que tais situações sejam devidamente exploradas e discutidas em sala de aula, em interação com o professor. Além disso, para que o trabalho com SP contextualizadas em sala contribua efetivamente para uma aprendizagem “complexa” por parte dos estudantes, as SP devem fazer parte das metodologias adotadas pelos professores e não empregadas de forma isolada.

Tatiane Franco de Moraes Silva (tatiane.franco@uel.br) é mestre em Química pelo Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é professora do Quadro

Próprio do Magistério (QPM) da Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná (SEED/PR), da área de Química. **Viviane Arrigo** (vivianearrigo@gmail.com) é doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é Professora Adjunta e orientadora do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Realeza, PR – Brasil. **Fabiele Cristiane Dias Broietti** (fabieledias@uel.br) é doutora em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Atualmente

é Professora Associada do departamento de Química e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, PR – Brasil. **Natany Dayani de Souza Assai** (natanyassai@gmail.com) é doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é Professora Adjunta e orientadora do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal Fluminense (UFF), *campus* Volta Redonda, RJ – Brasil.

Referências

ANDRADE, L. M. *Uma proposta de abordagem no ensino de cálculo estequiométrico para o ensino de Química básica*. Monografia de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2018.

ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATINGA, V. T. S. *A abordagem de resolução de problemas por professores de Química do ensino médio: um estudo sobre o conteúdo de estequiometria*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M. e STOLTZFUS, M. W. *Química: a ciência central*. 13ª ed. São Paulo: Pearson, 2016.

CARLETTO, B. M.; MENDES, A. N. F. e BIANCO, G. Aprendizagem baseada em problema: aplicação e avaliação desta metodologia para o ensino de estequiometria. In: FREITAS, J. C. R. e FREITAS, L. P. S. R. (Orgs.). *Atividades de ensino e de pesquisa em Química*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

CAZZARO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. *Química Nova na Escola*, v. 10, p. 53–54, 1999.

COSTA, S. e PONTE, J. P. *O raciocínio proporcional dos alunos do 2º ciclo do ensino básico*. *Revista da Educação*, v. 16, n. 2, p. 65-100, 2008.

COSTA, A. A. F. e SOUZA, J. R. T. Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 10, n. 19, p. 106-116, 2013.

COSTA, E. T. H. e ZORZI, M. B. Uma proposta de ensino diferenciada para o estudo da estequiometria. In: I Congresso Paranaense de Educação Química, Londrina. *Anais...* Londrina: UEL, 2009.

DAHSAH, C. e COLL, R. K. Thai grade 10 and 11 students' understanding of stoichiometry and related concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 6, n. 3, p. 573-600, 2008.

FELTRE, R. *Química: Química Geral*. vol. 1. São Paulo: Moderna, 2011.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LAMON, S. Ratio and proportion: connecting content and children's thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, v. 24, p. 41-61, 1993.

LE MAIRE, N.; VERPOORTEN, D.; FAUCONNIER, M. L. e COLAUX-CASTILHO, C. Clash of chemists: a gamified blog to master the concept of limiting reagent stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, v. 95, n. 3, p. 1-18, 2018.

LIVRAMENTO, P. C. C.; SOUZA, K. F. e MALTA, S. H. S. A resolução de problemas como subsídio didático para o conteúdo de cálculo estequiométrico. In: X Congresso Nacional de Educação, Campina Grande-PB. *Anais...* Campina Grande: Realize Editora, 2018.

MACHADO, S.; GLUGOSKI, L. P.; PAIVA, C.; GALVÃO, D. S. e RAMOS, E. S. Ensino de cálculo estequiométrico a partir de uma perspectiva contextualizada. In: VII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química, Santo André-SP. *Anais...* Santo André: UFABC, 2013.

PIO, J. M. *Visão de alunos do ensino médio sobre dificuldades na aprendizagem de cálculo estequiométrico*. Monografia de Graduação em Licenciatura em Química, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

POZO, J. I. e CRESPO, M. Á. G. *Aprendizagem e o ensino de Ciências*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAUPP, D. T.; HAUPT, F. T.; BENTLIN, F.; GOMES, C. S. e ROCKENBACH, L. C. Aprendizagem significativa do conceito de estequiometria do reagente limitante: resolução de problemas envolvendo receitas culinárias e reações químicas. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 9, n. 4, p. 186-205, 2023.

SANTOS, L. C. *Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

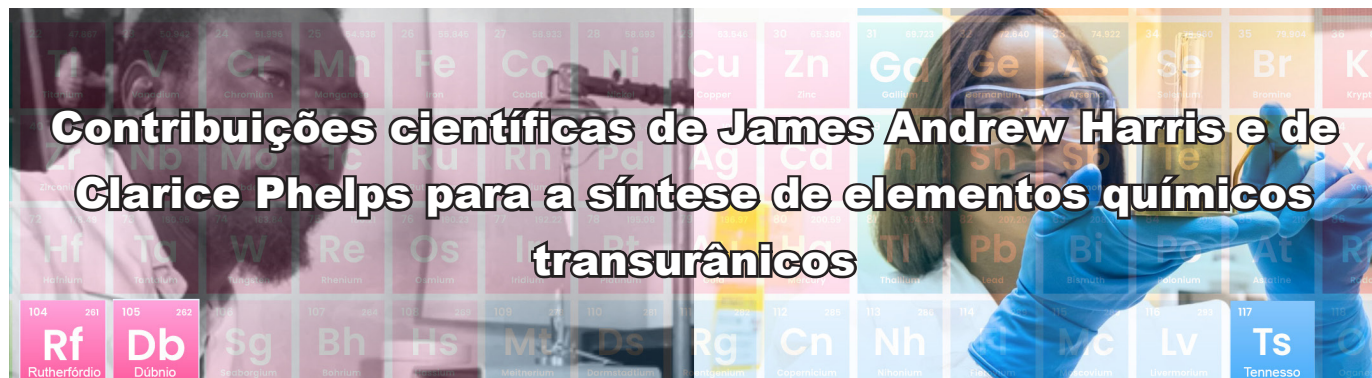
SANTOS, L. C. e SILVA, M. G. L. Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria. *Acta Scientiae*, v. 16, n. 1, p. 133-152, 2014.

SEGALA, M.; RAUPP, D. T.; SANTOS, S. S. e CZOLPINSKI, A. L. Aprimorando a aprendizagem em estequiometria por meio de vídeo-lista no youtube. *ACTIO*, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2025.

SOUZA, Y. e BATINGA, V. A resolução de problemas no ensino de química: possibilidade para promoção da autorregulação de aprendizagem. *International Journal Education and Teaching*, v. 6, p. 36-51, 2023.

Abstract: *Stoichiometry in Chemistry classes: a look at students' understandings and difficulties.* With the aim of identifying and analyzing the difficulties and understandings of 3rd year of high school students regarding stoichiometry concepts, 56 students responded to a problem situation involving medication dosage, consisting of four questions (1, 2, 3a, and 3b), of a theoretical nature and involving calculations. Data analysis was conducted using Bardin's Content Analysis (2016). The main difficulties observed were: relating mass and molar mass to determine the amount of substance, establishing stoichiometric relationships between reactants and products in the chemical equation and calculating the required amount (mass) of a reactant to produce a given amount of a product. These difficulties reveal weaknesses in the integration of mathematical and chemical knowledge. The use of problem situations can support learning, provided they are adopted as a methodological strategy and are explored and discussed through interaction with the teacher.

Keywords: problem situation, learning difficulties, stoichiometric relationships



Richard Oliveira Sintra e Lucas dos Santos Fernandes

As biografias e contribuições científicas de cientistas negros(as) são pouco exploradas no ensino de Química. Em contraposição a essa realidade, este artigo tem como objetivo apresentar um esboço biográfico e as contribuições dos cientistas afro-americanos James Andrew Harris e Clarice Phelps para a síntese de elementos químicos transurânicos. Harris participou da síntese dos elementos rutherfordio e dúbnio. Phelps integrou a equipe que produziu o tennesso. Em comum, além da síntese de elementos transurânicos, as trajetórias desses cientistas foram marcadas por episódios de discriminação racial. Espera-se que este trabalho seja utilizado por professores(as) de química para abordar conceitos científicos e fomentar discussões sobre as relações étnico-raciais na ciência.

► elementos transurânicos, James Harris, Clarice Phelps, antirracismo ◀

281

Recebido em 31/08/2025; aceito em 07/01/2026

Introdução

A História da Ciência foi, por muito tempo, escrita numa perspectiva tradicional que invisibilizou personagens que fugiam ao estereótipo masculino, branco e europeu (Figueirôa, 2023). Um retrato disso são os livros de História da Química que apresentam o desenvolvimento dessa Ciência a partir de grandes nomes: Robert Boyle, Antoine Lavoisier, Dmitri Mendeleiev, etc. (Bensaude-Vincent e Stengers, 2023). Nessas narrativas, dificilmente aparecem nomes associados a mulheres, negros, indígenas ou aos povos ancestrais africanos. Segundo Menon (2021, p. 101), “Historicamente, o mundo da química tem sido branco e é importante reconhecer que isso tem sido perpetuado pelo racismo sistêmico, isto é, pelas políticas e práticas em vigor nas instituições que inerentemente desfavorecem negros e outros grupos étnicos minorizados”.

A historiografia da ciência contemporânea tem resgatado biografias e contribuições científicas e tecnológicas de mulheres, indígenas, negros(as) e de outros grupos historicamente invisibilizados (Figueirôa, 2023). É desse contexto que surgiu o presente estudo, que tem como objetivo apresentar um esboço biográfico e as contribuições dos cientistas

afro-americanos James Andrew Harris (1932-2000) e Clarice Phelps (1981-presente) para a síntese de elementos químicos transurânicos. Harris participou da síntese dos elementos rutherfordio e dúbnio. Por sua vez, Phelps integrou a equipe que produziu o tennesso.

Esses personagens e suas contribuições científicas precisam ser conhecidos. Caso contrário, pode-se perpetuar o mito racista de que pessoas negras não são inteligentes e, por isso, não contribuíram para o desenvolvimento científico (Pinheiro, 2023). O apagamento das contribuições científicas de personagens negros e povos ancestrais africanos é denominado epistemicídio negro. Segundo Sueli Carneiro (2023, p. 12), “Através do epistemicídio – que é uma forma de sequestro, rebaixamento ou assassinato da razão – as pessoas negras são anuladas enquanto sujeitos do conhecimento e inferiorizadas intelectualmente”. O epistemicídio negro deve ser enfrentado nas aulas de Química a partir de propostas de ensino antirracistas.

Elementos químicos transurânicos

O termo ‘transurânico’ foi cunhado, em 1926, pelo físico alemão Richard Swinne (1885-1939) para designar



os elementos de número atômico maior que o do urânio, elemento com maior número de prótons ($Z=92$) encontrado na natureza (Swinne, 1926). A história dos transurânicos teve início em 1934, quando cientistas da Universidade de Roma, liderados pelo físico italiano Enrico Fermi (1901-1954), anunciaram a síntese dos elementos de número atômico 93 (ausônio) e 94 (hespério), formados a partir do bombardeamento do urânio com nêutrons (Hook, 2007). No final de 1938, pesquisas apontaram que esses elementos não foram, de fato, produzidos pelos cientistas italianos. Os elementos 93 e 94 foram sintetizados apenas na década de 1940, e receberam os respectivos nomes e símbolos pelos quais são conhecidos atualmente: neptúnio (Np) e plutônio (Pu) (Hoffman *et al.*, 2001).

No mesmo ano, por meio de um artigo, a química alemã Ida Noddack (1896-1978) questionou a síntese do elemento 93 pelos cientistas italianos, solicitou análises mais precisas do suposto elemento transurânico e sugeriu que o núcleo de urânio poderia ter se dividido em elementos mais leves (Noddack, 1934). A sugestão de Noddack não foi levada a sério e os cientistas italianos continuaram a acreditar na síntese de transurânicos (Hook, 2007). Dando seguimento às pesquisas iniciadas na Itália, Otto Hahn (1879-1968) e Lise Meitner (1878-1968), na Alemanha, anunciaram a síntese dos transurânicos de número atômico 95, 96 e 97.

No início de 1939, Otto Hahn, Fritz Strassmann, Lise Meitner e Otto Frisch evidenciaram que, na realidade, o núcleo de urânio dividia-se em fragmentos menores ao ser bombardeado com nêutrons (Hook, 2007). Dessa forma, os elementos transurânicos anunciados até aquele momento não passavam de núcleos mais leves derivados da fissão do urânio, como Noddack havia sugerido cinco anos antes. Apesar de rechaçar a existência dos transurânicos supostamente produzidos até então, a descoberta da fissão nuclear deu aos cientistas um novo caminho para sintetizar radioisótopos desses elementos químicos.

A primeira síntese de um transurânico ocorreu nos Estados Unidos, em 1940, quando os físicos Edwin McMillan e Philip Abelson bombardearam núcleos de urânio com nêutrons em um acelerador de partículas e sintetizaram o radioisótopo $^{239}\text{Np}_{93}$ (Seaborg, 1969).

A produção de radioisótopos de elementos transurânicos é realizada em aceleradores de partículas por meio da fusão nuclear entre núcleos-alvo e projéteis constituídos de nêutrons, deutério, partículas alfa ou íons de elementos leves (B, C, N, entre outros) e de massa intermediária (Cr, Fe, Ni, entre outros). Os transurânicos que apresentam número atômico maior que 103 são chamados de superpesados ou transactinídeos, pois são posicionados após o actínio na tabela periódica. O termo ‘superpesado’ surgiu na primeira metade do século XX, quando os cientistas especulavam

sobre os limites da estabilidade nuclear. Foi nesse contexto que surgiu a expressão ‘ilha de estabilidade’ para designar uma região da carta de núclídeos que abrigaria isótopos estáveis de elementos superpesados (Chapman, 2020).

Os elementos químicos transurânicos, com exceção do plutônio e do neptúnio, que ocorrem em quantidades ínfimas, não são encontrados na natureza. Em função dessa característica, Kragh (2018) argumenta que os elementos artificiais não são descobertos, mas sintetizados, criados, manufaturados, produzidos, etc. Esses elementos “[...] pertencem ao que os antigos gregos chamavam de *techne* (objetos feitos pelo homem ou imitação da natureza) e não à *physis* (natureza)” (Kragh, 2017, p. 13).

A maior parte dos radioisótopos de elementos transurânicos apresenta meia-vida muito curta, variando entre milissegundos (ms) e algumas horas (h). Apesar disso, as propriedades químicas de alguns transurânicos mais leves foram pesquisadas. A partir dessas pesquisas, foram identificadas aplicações para alguns radioisótopos de elementos transurânicos. Por exemplo, o radioisótopo $^{239}\text{Pu}_{94}$ é utilizado como combustível físsil em usinas nucleares. Por sua vez, o radionuclídeo $^{241}\text{Am}_{95}$ é usado em aparelhos detectores de fumaça (Hoffman *et al.*, 2001).

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union of Pure and Applied Chemistry* – IUPAC) reconhece a síntese de 26 elementos transurânicos, conforme apresentado no Quadro 1.

A prioridade da síntese da maioria dos transurânicos foi disputada por diversos grupos de pesquisa, principalmente entre equipes estadunidenses e soviéticas. A expressão ‘guerra dos transférmios’ foi criada para designar os conflitos de prioridade

que se seguiram à síntese do férmio ($Z=100$) (Kragh, 2018). Essas disputas levaram a atrasos no reconhecimento da síntese e na determinação do nome de diversos elementos transurânicos pela IUPAC.

Os elementos químicos são caracterizados pelo número atômico. Porém, a organização na tabela periódica, além da ordem crescente do número de prótons, respeita a distribuição eletrônica que confere propriedades químicas semelhantes aos elementos de um mesmo grupo ou família (Kragh, 2017). Na tabela periódica, o peso atômico dos elementos é calculado por meio da média entre os pesos atômicos dos isótopos, considerando as respectivas abundâncias naturais (em porcentagem). Contudo, a síntese de transurânicos produz núclídeos, ou seja, radioisótopos que apresentam número de massa específico. Alguns desses núclídeos sofrem fissão espontânea quase imediatamente, como o $^{294}\text{Og}_{118}$, cuja meia-vida dura apenas 0,9 ms (Moody, 2014). Para esse elemento superpesado, ainda não há meios para estudar suas propriedades, pois foram produzidos poucos átomos de um núclídeo que se desintegrou em menos de 1 ms.

[...] Kragh (2018) argumenta que os elementos artificiais não são descobertos, mas sintetizados, criados, manufaturados, produzidos, etc. Esses elementos “[...] pertencem ao que os antigos gregos chamavam de *techne* (objetos feitos pelo homem ou imitação da natureza) e não à *physis* (natureza)” (Kragh, 2017, p. 13).

Quadro 1: Reações nucleares de síntese dos radioisótopos de elementos transurânicos.

Radioisótopo	Reação Nuclear	Elemento (símbolo)	País(es)
$^{239}\text{Np}_{93}$	$^{238}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{239}\text{Np} + {}^1_0\beta + \gamma$	Neptúnio (Np)	EUA
$^{238}\text{Pu}_{94}$	$^{238}\text{U} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{238}\text{Pu} + 2{}^1_0\text{n} + {}^1_0\beta$	Plutônio (Pu)	EUA
$^{241}\text{Am}_{95}$	$^{239}\text{Pu} + 2{}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{241}\text{Am} + {}^1_0\beta + \gamma$	Americio (Am)	EUA
$^{242}\text{Cm}_{96}$	$^{241}\text{Am} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{242}\text{Cm} + {}^1_0\beta$	Cúrio (Cm)	EUA
$^{243}\text{Bk}_{97}$	$^{241}\text{Am} + {}^4_2\text{He}^{2+} \rightarrow {}^{243}\text{Bk} + 2{}^1_0\text{n}$	Berkélio (Bk)	EUA
$^{244}\text{Cf}_{98}$	$^{242}\text{Cm} + {}^4_2\text{He}^{2+} \rightarrow {}^{244}\text{Cf} + 2{}^1_0\text{n}$	Califórnio (Cf)	EUA
$^{253}\text{Es}_{99}$	$^{238}\text{U} + 15{}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{253}\text{Es} + 7{}^1_0\beta$	Einstênio (Es)	EUA
$^{255}\text{Fm}_{100}$	$^{238}\text{U} + 17{}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{255}\text{Fm} + 8{}^1_0\beta$	Férmio (Fm)	EUA
$^{255}\text{Md}_{101}$	$^{253}\text{Es} + {}^4_2\text{He}^{2+} \rightarrow {}^{255}\text{Md} + 2{}^1_0\text{n}$	Mendelévio (Md)	EUA
$^{254}\text{No}_{102}$	$^{243}\text{Am} + {}^{15}_7\text{N} \rightarrow {}^{254}\text{No} + 4{}^1_0\text{n}$	Nobélio (Nb)	URSS
$^{260}\text{Lr}_{103}$	$^{248}\text{Cm} + {}^{15}_7\text{N} \rightarrow {}^{260}\text{Lr} + 3{}^1_0\text{n}$	Laurêncio (Lr)	EUA / URSS
$^{257}\text{Rf}_{104}$	$^{249}\text{Cf} + {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{257}\text{Rf} + 4{}^1_0\text{n}$	Rutherfórdio (Rf)	EUA / URSS
$^{260}\text{Db}_{105}$	$^{249}\text{Cf} + {}^{15}_7\text{N} \rightarrow {}^{260}\text{Db} + 4{}^1_0\text{n}$	Dúbnio (Db)	EUA / URSS
$^{263}\text{Sg}_{106}$	$^{249}\text{Cf} + {}^{18}_8\text{O} \rightarrow {}^{263}\text{Sg} + 4{}^1_0\text{n}$	Seabórgio (Sg)	EUA
$^{262}\text{Bh}_{107}$	$^{209}\text{Bi} + {}^{54}_{24}\text{Cr} \rightarrow {}^{262}\text{Bh} + {}^1_0\text{n}$	Bóhrio (Bs)	Alemanha
$^{265}\text{Hs}_{108}$	$^{208}\text{Pb} + {}^{58}_{26}\text{Fe} \rightarrow {}^{265}\text{Hs} + {}^1_0\text{n}$	Hássio (Hs)	Alemanha / URSS
$^{266}\text{Mt}_{109}$	$^{209}\text{Bi} + {}^{58}_{26}\text{Fe} \rightarrow {}^{266}\text{Mt} + {}^1_0\text{n}$	Meitnério (Mt)	Alemanha
$^{269}\text{Ds}_{110}$	$^{208}\text{Pb} + {}^{62}_{28}\text{Ni} \rightarrow {}^{269}\text{Ds} + {}^1_0\text{n}$	Darmstádio (Ds)	Alemanha / Rússia
$^{272}\text{Rg}_{111}$	$^{209}\text{Bi} + {}^{64}_{28}\text{Ni} \rightarrow {}^{272}\text{Rg} + {}^1_0\text{n}$	Roentgênio (Rg)	Alemanha / Rússia
$^{277}\text{Cn}_{112}$	$^{208}\text{Pb} + {}^{70}_{30}\text{Zn} \rightarrow {}^{277}\text{Cn} + {}^1_0\text{n}$	Copernício (Cn)	Alemanha / Rússia
$^{278}\text{Nh}_{113}$	$^{209}\text{Bi} + {}^{70}_{30}\text{Zn} \rightarrow {}^{278}\text{Nh} + {}^1_0\text{n}$	Nihônio (Nh)	Japão
$^{286}\text{Fl}_{114}$	$^{242}\text{Pu} + {}^{48}_{20}\text{Ca} \rightarrow {}^{286}\text{Fl} + 4{}^1_0\text{n}$	Fleróvio (Fl)	EUA / Rússia
$^{287, 2026}\text{Mc}_{115}$	$^{243}\text{Am} + {}^{48}_{20}\text{Ca} \rightarrow {}^{287, 2026}\text{Mc} + 4{}^1_0\text{n}$	Moscóvio (Mc)	EUA / Rússia
$^{290}\text{Lv}_{116}$	$^{245}\text{Cm} + {}^{48}_{20}\text{Ca} \rightarrow {}^{290}\text{Lv} + 3{}^1_0\text{n}$	Livermório (Lv)	EUA / Rússia
$^{294}\text{Ts}_{117}$	$^{249}\text{Bk} + {}^{48}_{20}\text{Ca} \rightarrow {}^{294}\text{Ts} + 3{}^1_0\text{n}$	Tennesso (Ts)	EUA / Rússia
$^{294}\text{Og}_{118}$	$^{249}\text{Cf} + {}^{48}_{20}\text{Ca} \rightarrow {}^{294}\text{Og} + 3{}^1_0\text{n}$	Oganessônio (Og)	EUA / Rússia

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, para elementos superpesados, como o tennesso ($Z=117$), há uma química teórica que, baseada em cálculos matemáticos, é capaz de prever possíveis estados de oxidação, distribuição eletrônica, raio atômico, densidade, pontos de fusão e ebulição e, até mesmo, possíveis compostos, tais como: TsH e TsF_3 (Kragh, 2017). Por outro lado, para transactinídeos mais leves, como rutherfórdio ($Z=104$) e dúbnio ($Z=105$), já existe uma química baseada em experimentos bem estabelecida (Kratz, 2011).

Em função dessas características, que são diferentes das apresentadas pelos elementos cisurânicos ($Z < 92$), alguns cientistas têm discutido os critérios científicos que levaram à inserção de alguns elementos químicos transurânicos na tabela periódica (Kragh, 2017).

Abordagem biográfica e fontes históricas

Neste artigo, apresentamos um esboço biográfico de dois cientistas negros e suas contribuições científicas para a síntese de elementos químicos transurânicos. “Como

gênero de escrita e análise histórica, a biografia científica é um meio eficaz para envolver os leitores nas lutas, sucessos e fracassos dos cientistas que constroem suas próprias vidas enquanto exploram e constroem conhecimento do mundo natural” (Nye, 2006, p. 329). Segundo Pereira (2023), a escrita biográfica sobre cientistas negros esbarra em dois problemas centrais: (i) destacar a relevância dos personagens; (ii) escassez de fontes históricas. Em relação ao primeiro problema, buscou-se destacar a relevância dos personagens retratados a partir de suas contribuições científicas para a síntese de elementos químicos transurânicos.

Quanto ao segundo problema, observou-se a escassez de fontes históricas relacionadas aos dados biográficos dos cientistas e sobre suas contribuições científicas. Em relação a James Andrew Harris, foi identificado apenas um artigo recente que retratou sua vida e contribuições científicas (Frederick-Frost, 2021). Sobre ele, ainda foram consultados dois esboços biográficos mais antigos (Heppenheimer, 1999; Slater, 1973). A respeito de sua contribuição para a síntese dos elementos rutherfórdio e

dúbnio, foram consultados ainda os relatos dos cientistas do *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL), onde esses transurânicos foram produzidos (Seaborg, 1969; Hoffman *et al.*, 2001).

Sobre Clarice Phelps, por ser uma cientista em atividade, a busca por fontes históricas foi mais desafiadora. Dados biográficos foram identificados a partir do site do *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL), instituição à qual ela é filiada desde 2009 (<https://www.ornl.gov/>), e de uma reportagem do canal de notícias estadunidense CNN (Leevongcharoen, 2023). Em relação à síntese do tennesso, foi considerado o relato feito por Chapman (2019) sobre a síntese de elementos superpesados. Foram identificados ainda dois artigos nacionais recentes que destacam a contribuição de Phelps para a síntese do tennesso (Degrève *et al.*, 2024; Souza e Fernandes, 2026).

A expressão ‘esboço biográfico’ foi adotada, em contraposição ao termo ‘biografia’, por representar melhor o volume de informações apresentado sobre cada cientista. Uma biografia requer a apresentação de um maior volume de informações e a análise de mais fontes históricas.

James Andrew Harris: Rutherfordório e Dúbnio

James Andrew Harris (1932-2000) nasceu em 26 de março de 1932 em Waco, cidade do estado do Texas, nos Estados Unidos. Harris cursou o Bacharelado em Química no *Huston-Tillotson College*, uma universidade historicamente negra. Durante a graduação, concluída em 1953, Harris conheceu Helen Harris, sua esposa, com quem teve cinco filhos. Após se formar, ele teve dificuldades para encontrar um emprego na área. Nesse período, um colega recorda que “Secretárias desconfiadas se recusaram a acreditar que ele estava se candidatando a um emprego de químico e não de zelador” (Heppenheimer, 1999, p. 146).

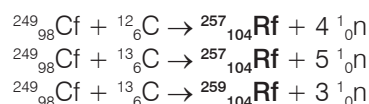
Essa é mais uma faceta da discriminação racial que não acredita que pessoas negras possam ocupar espaços de poder ou posições profissionais que desde sempre foram ocupadas por pessoas brancas (Pinheiro, 2023). A discriminação racial enfrentada por Harris, no início de sua carreira, atualmente é definida como racismo institucional. Cida Bento (2022, p. 77) descreveu o racismo institucional como: “[...] ações em nível organizacional que, independentemente da intenção de discriminar, acabam tendo impacto diferencial e negativo em membros de um determinado grupo”.

Por experiência própria, Harris acreditava que a falta de oportunidades profissionais era o principal obstáculo que os cientistas negros encontravam (Slater, 1973). Sabendo disso, ele dedicou parte da sua trajetória profissional à inclusão científica de mulheres, negros e outros grupos historicamente excluídos.

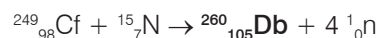
Por experiência própria, Harris acreditava que a falta de oportunidades profissionais era o principal obstáculo que os cientistas negros encontravam (Slater, 1973). Sabendo disso, ele dedicou parte da sua trajetória profissional à inclusão científica de mulheres, negros e outros grupos historicamente excluídos.

Em 1955, ele foi contratado por um laboratório de análises de radioisótopos, onde permaneceu por cinco anos. Nesse período, ele esteve envolvido na detecção de testes secretos soviéticos de armas nucleares (Slater, 1973). Em 1960, ele foi contratado pelo LBNL, vinculado à Universidade do Estado da Califórnia, onde participou de diversos projetos até compor a equipe que sintetizou dois elementos químicos transurânicos entre 1969 e 1970.

Harris era o único químico da equipe formada por cinco cientistas do LBNL. Inicialmente, ele purificou 60 µg de ^{249}Cf e preparou cerca de dez alvos que foram bombardeados no acelerador linear de íons pesados (*Heavy Ion Linear Accelerator* - HILAC) (Hoffman, 2001). A síntese dos isótopos do elemento químico transurânico de número atômico 104, depois nomeado rutherfordório (Rf), envolveu as seguintes reações nucleares:



Por sua vez, a síntese do elemento químico transurânico de número atômico 105, posteriormente denominado dúbnio (Db), envolveu a reação nuclear a seguir:



O LBNL compartilha a síntese dos elementos 104 e 105 com o *Joint Institute for Nuclear Research* (JINR) da extinta União Soviética, que também os produziu de forma independente e quase ao mesmo tempo. Na década de 1970, iniciou-se uma disputa de prioridade entre os dois laboratórios, que envolveu a proposição de nomes e símbolos para esses elementos. Em relação ao elemento 104, os estadunidenses sugeriram rutherfordório (Rf)

e os soviéticos, kurchatóvio (Ku). Quanto ao elemento 105, os cientistas do LBNL propuseram hânio (Ha) e os pesquisadores do JINR, nielsbóhrio (Ns) (Fontani *et al.*, 2015).

Essa disputa foi encerrada quando a IUPAC decidiu que os dois laboratórios deveriam ser creditados pela síntese dos dois

elementos e definiu seus nomes: rutherfordório (contemplando a sugestão de Berkeley) e dúbnio (Db) (um aceno aos soviéticos, pois homenageia a cidade de Dubna, onde se localiza a sede do JINR) (Hoffman *et al.*, 2001).

Harris colaborou com as pesquisas iniciais sobre as propriedades químicas do radioisótopo ^{261}Rf , que apresentava meia-vida de aproximadamente 70 segundos. A partir dessas pesquisas, Harris e colaboradores sugeriram a posição do rutherfordório na tabela periódica, no sétimo período e no grupo 4 (grupo do titânio) (Frederick-Frost, 2021).

Após produzirem os elementos 104 e 105, Harris e a equipe do LBNL planejavam sintetizar transurânicos da ilha de estabilidade, incluindo radioisótopos do elemento 114 (Slater, 1973). No entanto, seus planos mudaram. Harris deixou a pesquisa científica para assumir cargos administrativos em Berkeley por volta de 1976. Nessa época, ele havia finalizado o mestrado em Administração Pública na Universidade do Estado da Califórnia. Inicialmente, ele foi alocado no Escritório de Igualdade de Oportunidades dos Laboratórios de Berkeley.

Nesse escritório, ele contribuiu para que grupos sociais historicamente excluídos da produção de conhecimento científico, principalmente pessoas negras, tivessem as mesmas oportunidades acadêmicas que as demais pessoas. Isso demandou viagens de divulgação, principalmente às faculdades e universidades que atendiam predominantemente pessoas negras (Frederick-Frost, 2021). Dois anos depois, ele passou a ocupar outro cargo na área administrativa em Berkeley, mas sem relação com as questões de inclusão e democratização do acesso à Ciência. Ele permaneceu nesse cargo até sua aposentadoria em 1988.

Segundo Frederick-Frost (2021, p. 1247), hoje em dia, “A falta de conhecimento detalhado sobre o que Harris fez [síntese de dois elementos transurânicos], associada a seu envolvimento em iniciativas de diversificação, pode ter levado à suposição de que ele foi incluído [na equipe de cientistas do LBNL] devido à sua cor de pele”. Nesse sentido, é importante destacar que a contratação de Harris pelo LBNL não ocorreu por ele ser negro, mas por sua experiência com a análise de amostras de substâncias radioativas (Slater, 1973).

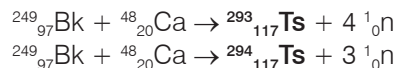
Mais uma vez, verifica-se uma tentativa de minimizar as contribuições científicas de pessoas negras. Daí a necessidade de reafirmar sempre que pessoas negras, como James Andrew Harris, apesar dos inúmeros desafios, contribuíram para o desenvolvimento científico e tecnológico (Menon, 2021).

Clarice Phelps: Tennesse

Clarice Phelps nasceu em 1981 em Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos. Desde criança, ela se interessava por Ciências. Phelps concluiu o bacharelado em Química na Universidade do Estado do Tennessee em 2003. Ela é mestre em engenharia mecânica com ênfase em engenharia nuclear e radiação pela Universidade do Texas, Austin. Recentemente, ela recebeu o título de PhD em Engenharia Nuclear pela Universidade do Estado do Tennessee.

Antes de ingressar no ORNL, ela participou do Programa de Energia Nuclear da Marinha dos EUA, que opera reatores nucleares em submarinos e porta-aviões. Ela passou cerca de cinco anos a bordo do porta-aviões *USS Ronald Reagan*.

Em 2009, Phelps foi contratada pelo ORNL como técnica de operações nucleares, processando e purificando radioisótopos. No ano seguinte, ela foi para a Divisão de Segurança Nuclear e Tecnologia de Isótopos, onde fez parte da equipe que purificou os átomos de ^{249}Bk usados na síntese do elemento 117, tennesso:



A purificação do ^{249}Bk durou cerca de três meses. Em seguida, esse radioisótopo foi levado para o reator nuclear do JINR na Rússia, onde foi realizada a fusão com íons ^{48}Ca . Os átomos de ^{249}Bk também foram utilizados nos experimentos que confirmaram a síntese do elemento superpesado de número atômico 115, denominado moscóvio (Chapman, 2019).

Apesar dessas contribuições científicas, Phelps foi excluída das comemorações em alusão à síntese do tennesso.

Seu nome não constava na lista de convidados de honra do jantar de gala nem na placa dos cientistas do ORNL homenageados. Após seu nome ser incluído na lista de convidados no último instante, Phelps afirmou que, durante o jantar, se sentiu envergonhada a ponto de sair do evento e chorar (Leevongcharoen, 2023).

Em resposta ao canal de notícias CNN dos EUA, a direção do ORNL informou que o erro na placa dos cientistas homenageados foi rapidamente corrigido e que tem muito orgulho de Phelps (Leevongcharoen, 2023). Phelps confirmou a inclusão de seu nome na placa.

Isso evidencia mais um episódio caracterizado como racismo institucional que tenta apagar as contribuições e o reconhecimento profissional de pessoas negras, como Clarice Phelps e James Andrew Harris. Apesar do racismo institucional, as pessoas negras resistem na ciência, mesmo sujeitas a diversas formas de discriminação e à segregação vertical que as exclui ao longo da progressão da carreira acadêmica (Menon, 2021).

Em 2019, em comemoração aos 150 anos da tabela periódica proposta pelo químico russo Dmitri Mendeleiev (1834-1907), a IUPAC selecionou jovens nomes que se destacaram na Química mundial para representar elementos químicos, escolhidos de forma aleatória. Foi nesse contexto que o nome de Clarice Phelps apareceu na Tabela Periódica de Jovens Químicos, representando o einstênio (Es). Ela foi reconhecida por seu comprometimento com a pesquisa científica e pela defesa da diversidade na ciência (IUPAC, 2025).

Atualmente, as pesquisas desenvolvidas por Phelps se concentram na purificação de transactínídeos com aplicações na medicina e na indústria (ORNL, 2025).

Em 2009, Phelps foi contratada pelo ORNL como técnica de operações nucleares, processando e purificando radioisótopos. No ano seguinte, ela foi para a Divisão de Segurança Nuclear e Tecnologia de Isótopos, onde fez parte da equipe que purificou os átomos de ^{249}Bk usados na síntese do elemento 117, tennesso.

Implicações para o Ensino de Química

A síntese de elementos químicos transurânicos pode ser explorada no ensino de Química para abordar diversos conceitos. Ao explicar que os cientistas afro-americanos James Andrew Harris e Clarice Phelps participaram das equipes que sintetizaram os radioisótopos $^{257}_{104}\text{Rf}$ / $^{259}_{104}\text{Rf}$ e $^{293}_{117}\text{Ts}$ / $^{294}_{117}\text{Ts}$, o(a) professor(a) pode abordar os seguintes conceitos: elemento químico transurânico, número atômico, número de massa, isótopos, etc. Alinhada à abordagem conceitual, recomenda-se incluir discussões sobre a presença de cientistas negros na síntese de elementos químicos. Isso pode ser feito a partir de uma narrativa que destaque não apenas os méritos, mas também os desafios encontrados apenas por serem cientistas negros.

A localização de elementos químicos na tabela periódica pode ser explicada utilizando os elementos sintetizados por Harris e Phelps como exemplos. Nesse sentido, pode-se explicar o que são grupos (ou famílias) e períodos a partir da localização do rutherfordio (grupo 4, sétimo período), dúbnio (grupo 5, sétimo período) e tennesso (grupo 17, sétimo período). Articulando a isso, pode ser discutida a participação das mulheres na descoberta de elementos químicos e destacar a contribuição de Clarice Phelps enquanto mulher negra, enfatizando a sobreposição entre duas linhas de opressão: raça e gênero. A sobreposição entre diferentes opressões (raça, gênero, classe, etnia, etc.) é chamada de interseccionalidade (Collins e Bilge, 2020).

Essas possibilidades não esgotam as potencialidades desse tema para articular o conhecimento químico com as questões raciais. O(a) professor(a) pode inserir a síntese de elementos transurânicos alinhada à educação para as

relações étnico-raciais (ERER) em estratégias didáticas que contribuam para a construção de conhecimentos científicos e de atitudes antirracistas pelos(as) estudantes.

Considerações finais

Cientistas negros(as) contribuíram de diversas formas para o desenvolvimento da Química, contudo seus nomes e descobertas ainda são pouco conhecidos. Um exemplo disso são as contribuições científicas e os nomes de James Andrew Harris e de Clarice Phelps. Nesse sentido, é necessário alinhar o ensino de Química com a ERER, visando desconstruir preconceitos por meio de estratégias didáticas antirracistas que valorizem os conhecimentos produzidos por grupos sociais que foram historicamente excluídos do trabalho científico, tais como negros(as), quilombolas e indígenas.

Material suplementar

O Material suplementar a este trabalho está disponível em https://qnesc.s bq.org.br/online/prelo/QNEsc_95-25_MS.pdf, na forma de arquivo PDF, com acesso livre.

Richard Oliveira Sintra (sintraqf@gmail.com) é licenciado em Química e aluno do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) pela UFRPE. Atualmente é professor da rede pública e privada da região de Juazeiro do Norte, Ceará-BR. **Lucas dos Santos Fernandes** (lucas.fernandes@univasf.edu.br) é licenciado em Química e mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela UFRPE. É doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA/UEFS. Atualmente é Professor Adjunto do colegiado de Ciências da Natureza, *campus* Serra da Capivara, da UNIVASF e Professor Colaborador do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQU-UFRPE).

Referências

- BENSAUDE-VINCENT, B. e STENGERS, I. *História da Química*. Campinas: Editora da Unicamp, 2023.
- BENTO, C. *O pacto da branquitude*. São Paulo: Companhia das Letras, 2022.
- CARNEIRO, S. *Dispositivo de racialidade: A construção do outro como não ser como fundamento do ser*. Rio de Janeiro: Zahar, 2023.
- CHAPMAN, K. *Superheavy: making and breaking the periodic table*. Londres: Bloomsbury, 2019.
- CHAPMAN, K. The transuranic elements and the island of stability. *Philosophical Transactions A*, v. 378, p. 1-15, 2020.
- COLLINS, P. H. e BILGE, S. *Interseccionalidade*. São Paulo: Boitempo, 2020.
- DEGRÈVE, G. M. S.; SARAIVA, G. R. e SOUZA, N. O. Super trunfo científico “mulheres e a tabela periódica”: motivação para futuras cientistas. *Química Nova na Escola*, v. 46, n. 4, p. 629-638, 2024.
- FIGUEIRÔA, S. F. M. Postcolonial and decolonial historiography of science. In: CONDÉ, M. L. e SALOMON, M. (eds.). *Handbook for the Historiography of Science*. Cham: Springer, 2023.
- FONTANI, M.; COSTA, M. e ORNA, M. V. *The lost elements*:

The periodic table's shadow side. New York: Oxford University Press, 2015.

FREDERICK-FROST, K. The life and career of James Andrew Harris: let's ask more of history. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 4, p. 1242-1248, 2021.

HEPPENHEIMER, T. A. James Andrew Harris. In: KRAPP, K. (Org). *Notable black american scientists*. Farmington Hills: Gale Research, 1999.

HOFFMAN, D. C.; GHIORSO, A. e SEABORG, G. T. *The transuranium people: the inside history*. London: Imperial College Press, 2001.

HOOK, E. B. Dissonância interdisciplinar e prematuridade: a sugestão de Ida Noddack de fissão nuclear. In: HOOK, E. B. (Org.). *Prematuridade na descoberta científica*. São Paulo: Perspectiva, 2007.

IUPAC. *Periodic Table of Younger Chemists*. Clarice Phelps. 2019. Disponível em: <https://iupac.org/100/chemist/clarice-phelps-es/>, acesso em nov. 2025.

KRAGH, H. On the ontology of superheavy elements. *Substantia*, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2017.

KRAGH, H. *From transuranic to superheavy elements: a story of dispute and creation*. Cham: Springer, 2018.

KRATZ, J. V. Chemistry of transactinides. In: VÉRTES, A.; NAGY, S.; KLENCSÁR, Z.; LOVAS, R. G. e RÖSCH, F. (ed.).

Handbook of Nuclear Chemistry. 2ª ed. Nova York: Springer, 2011.

LEEYONGCHAROEN, C. *How the first black woman to help discover an element 'claimed a seat at the periodic table'*. CNN. 2023. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2023/02/07/us/clarice-phelps-tennessine-element-117-scn-ctpr>. Acesso em nov. 2025.

MENON, B. R. K. The missing colours of chemistry. *Nature Chemistry*, v. 13, p. 101-106, 2021.

MOODY, K. J. Synthesis of superheavy elements. In: SCHÄDELL, M. e SHAUGHNESSY, D. (ed.). *The chemistry of superheavy elements*. 2ª ed. Heidelberg: Springer, 2014.

NODDACK, I. Über das element 93. *Angewandte Chemie*, v. 47, n. 37, p. 653-655, 1934.

NYE, M. J. Scientific biography: history of science by another means? *Isis*, v. 97, n. 2, p. 322-329, 2006.

ORNL. Clarice Phelps. Disponível em: <https://www.ornl.gov/staff-profile/clarice-e-phelps>. Acesso em nov. 2025.

PEREIRA, L. S. José Custódio da Silva (1897-1933): a trajetória de um químico negro e suas contribuições para a química brasileira no início do século XX. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 16, n. 1, p. 198-216, 2023.

PINHEIRO, B. C. S. *Como ser um educador antirracista*. 5ª ed. São Paulo: Planeta do Brasil, 2023.

SEABORG, G. T. *Os elementos transurânicos sintetizados pelo homem*. São Paulo: Edgard Blücher, 1969.

SLATER, J. Putting soul into science: black nuclear chemist searches for elusive superheavy elements. *Ebony*, v. 28, n. 7, p. 144-150, 1973.

SOUZA, J. M. C. e FERNANDES, L. S. As mulheres cientistas e a descoberta de elementos químicos. *Química Nova na Escola*, v. 48, n. 1, p. 67-73, 2026.

SWINNE, R. Das periodische System der chemischen Elemente im Lichte des Atombaus. *Zeitschrift für technische Physik*, v. 7, p. 166-180, 205-216, 1926.

Abstract: *Scientific contributions of James Andrew Harris and Clarice Phelps to the synthesis of transuranic chemical elements.* The biographies and scientific contributions of black people are rarely explored in chemistry education. In contrast to this reality, this paper aims to present a biographical outline and the contributions of African-American scientists James Andrew Harris and Clarice Phelps to the synthesis of transuranic chemical elements. Harris participated in the synthesis of the elements rutherfordium and dubnium. Phelps was part of the team that produced tennessine. In common, besides the synthesis of transuranic elements, the trajectories of these scientists were marked by episodes of racial discrimination. It is hoped that this work will be used by chemistry teachers to address scientific concepts and foster discussions about ethnic-racial relations in science.

Keywords: transuranic elements, James Harris, Clarice Phelps, anti-racism

O processo de desenvolvimento da autonomia na Licenciatura em Química por meio de Projetos de Ensino de Ciências

Diane Mota Mello Freire e Marcelo Giordan

Este artigo tem como objetivo analisar o processo de desenvolvimento da autonomia por meio da compreensão das contradições e da caracterização da transição dos sistemas de atividades de estudo e de aprendizagem profissional de uma licencianda em Química a partir de um Projeto de Ensino de Ciências denominado: “Poções Mágicas: Uma proposta transdisciplinar entre Química e História Medieval”, produzido e implementado ao longo da formação inicial em articulação com o estágio curricular supervisionado. Embasamos nossas análises na Teoria da Atividade Sócio-Histórico-Cultural como marco teórico-metodológico. Como instrumentos para construção de dados selecionamos as versões do Projeto de Ensino de Ciências, a escrita de diários reflexivos e uma entrevista semiestruturada. Observamos, como resultado, que essa experiência exigiu a mobilização de conhecimentos em dois espaços de ensino permeados por contradições e multivocalidade em direção a uma autonomia baseada em relações.

► desenvolvimento da autonomia, educação em química, estágio, formação de professores de química, teoria da atividade ◀

Recebido em 13/07/2025; aceito em 01/12/2025

Introdução

São muitos os desafios e as contradições que envolvem a formação de professores e o campo educacional como prática social, tais como: desigualdades sociais e econômicas, reformas educacionais, crises ambientais etc. São problemáticas que precisam estar em pauta na formação inicial e continuada de professores, além de prepará-los para que possam interpretá-las, analisá-las e propor soluções alternativas para o ensino de ciências, o que torna imprescindível o desenvolvimento da autonomia na formação de professores.

O trabalho que apresentamos aqui faz parte de uma investigação mais ampla (Freire, 2024), que envolveu um curso de Licenciatura em Química oferecido por uma instituição pública de ensino que mesmo diante das circunstâncias de crises política, social, sanitária e econômica que ocorreram na ocasião da pesquisa, manteve a essência da intencionalidade da formação ao envolver dinâmicas interativas, participativas e de busca pela qualidade do processo educativo emancipatório.

Nessa formação, o(a)s licenciando(a)s elaboraram o que foi cunhado como Projeto de Ensino de Ciências (PEC), articulado ao Estágio Curricular Supervisionado (ECS) e às disciplinas “Oficina e Projetos no Ensino de Ciências”

(OPEC), cursada no 6º semestre do curso, e “Prática de Ensino de Química I e II” (PEQ I e II), cursadas no 7º e 8º semestres, respectivamente. A concepção formativa do curso de Licenciatura em Química (IFSP, 2018) aliada às observações de campo realizadas nos trazem indícios de que o processo formativo levou à construção da autonomia e contribuiu para a produção de conhecimento por meio de pesquisa no contexto escolar, o que nos levou a investigar o processo de construção da autonomia na formação inicial de professores neste contexto.

O desenvolvimento da autonomia no âmbito da formação inicial de professores, e consequentemente em sua prática docente, implica refletir criticamente e de forma coletiva sobre suas vivências pessoais e profissionais. Neste estudo, compreende-se a autonomia como um processo dinâmico a qual é construída em um contexto de interdependência e relações (Barroso, 1996). Segundo Contreras (2012, p. 216), a autonomia não é um atributo individual, mas sim uma “construção permanente em uma prática de relações”. Para esse autor é na relação com os outros que se deve buscar propósitos, obter consensos, cumprir intenções educativas e desenvolver a autonomia entre todos os envolvidos.

Este estudo está baseado nos pressupostos da Teoria da Atividade Sócio-Histórico-Cultural (TASCH) (Vigotsky,

1994; 2010; Leontiev, 2017; 2021; Engeström, 2013) e na Aprendizagem Expansiva de Engeström (1999, 2016). Um dos preceitos dessa abordagem é captar o fenômeno em sua historicidade e, assim, explicá-lo. Para Vigotsky (2007, p.68) “estudar algo historicamente significa estudá-lo no processo de mudança: esse é o requisito básico do método dialético”. Isso significa que é necessário estudar o fenômeno em movimento captando o processo de desenvolvimento.

Nesse sentido, observamos que os licenciandos, ao desenvolverem um PEC, estavam envolvidos em duas atividades interdependentes e em interação: a) a atividade de estudo que compreende a aprendizagem da docência da química e b) a atividade de aprendizagem profissional, na qual eles desenvolveram um PEC por meio da realização de uma pesquisa no contexto escolar, articulado ao Estágio Curricular Supervisionado e aos conteúdos de outras disciplinas do curso.

Por meio da participação *in loco* no processo formativo ao longo de dois anos (2020-2021) em duas turmas do curso, focalizamos as análises no processo de uma licencianda da turma de 2018-2021, entre outras ações de pesquisa. Desta maneira, captamos e analisamos o processo de construção e implementação do PEC elaborado pela licencianda, e suas versões decorrentes do percurso das disciplinas, como instrumento mediador da atividade, a partir do ciclo de aprendizagem expansiva (Engeström, 1999; 2016) e a sua relação com o desenvolvimento da autonomia da futura professora, nas atividades de estudo “ser professora” e de aprendizagem profissional “ensinar ciências”. O tema do PEC desta licencianda envolveu elementos históricos relacionados às práticas bruxas de mulheres que viveram e foram perseguidas no período da Idade Média, em especial as poções mágicas, com a intenção de contextualizar o conteúdo de alcalóides na disciplina de Química do Ensino Médio. Para análise de dados empíricos, também lançamos mão dos registros da escrita de diários reflexivos e uma entrevista semiestruturada realizada por videoconferência.

Este artigo busca compreender o processo de construção da autonomia na formação inicial de professores de Química observando as contradições e as transições entre os sistemas de atividades de estudo e de aprendizagem profissional, focando na elaboração autoral, execução e avaliação do Projeto de Ensino de Ciências pela licencianda.

A atividade de Licenciatura em Química

A teoria da atividade humana tem como gênese o conceito de atividade em Marx (2013), Vigotsky (1997) e Leontiev (2017 e 2021). A capacidade de estabelecer objetivos a serem cumpridos de forma espontânea torna a atividade uma prerrogativa humana, ou seja, a capacidade de realizar trabalho é inerente ao humano, em seu sentido concreto e abstrato, como “atividade orientada a um fim” (Marx, 2013, p. 150). Este conceito foi desdobrado por Yrjö Engeström (2016), também se apoiando na ideia de aprendizagem como sistema de atividade coletiva focando nas relações interconectadas

e complexas entre o sujeito individual e sua comunidade.

A teoria da atividade também considera que os instrumentos são fruto da criação humana e têm a função de relacionar fenômenos psíquicos à realização de uma tarefa prática qualquer. Nesse sentido, o uso de instrumentos é um tema muito relevante na obra Vigotskyana, pois conforme Smolka (2017), os aspectos humanizadores são definidos e constituídos por eles. Para Vigotsky (2021), o processo de mediação instrumental tem caráter dialético, pois os seres humanos, quando criam e usam artefatos em meio às relações sociais e em interação com a natureza, transformam seu funcionamento mental e suas formas de ação individual e coletiva.

Engeström (2001) considera que as atividades não estão isoladas, elas são interdependentes e fazem parte de um complexo sistema de atividades, cujas relações não são triviais, pois são permeadas por contradições. A contradição é “renovada com o conflito entre ações individuais e o sistema de atividade total” (Engeström, 2016, p. 109). Esses conflitos são gerados pela divisão do trabalho que se transforma ao longo da história e a cada formação socioeconômica, dando origem à contradição fundamental.

Podemos considerar que ao desenvolver o PEC os sistemas de atividades estão em interação, envolvendo as instituições de educação básica (IEB) e de ensino superior (IES), e podem ocasionar tensões. Se compartilhadas com o grupo, as tensões podem tornar-se contradições, com potencial de se transformar em uma produção colaborativa e em um esforço deliberado de mudança coletiva. Desta maneira, Engeström (1999) propõe um ciclo de atividade de aprendizagem expansiva em sete passos, denominado Laboratório de Mudança (Engeström e Sannino 2016, p. 383 e 384):

1. *questionamento*: a primeira ação é da crítica ou rejeição de alguns aspectos da prática aceita e do conhecimento existente;
2. *análise da situação*: a análise histórico-genética envolve a compreensão da situação colocada, suas origens e evolução. A análise real-empírica busca explicar a situação por meio da construção de um quadro de suas relações internas e sistêmicas;
3. *modelagem*: construir um modelo simplificado e explícito da nova ideia, que explique e ofereça uma solução para a situação problemática;
4. *exame do modelo*: examinar funcionamento e operação para compreender sua dinâmica, potenciais e limitações;
5. *implementação do modelo*: testar o modelo por meio de aplicações práticas, enriquecimentos e extensões conceituais;
6. *reflexão*: reunir elementos sobre a avaliação do processo;
7. *consolidação*: buscar resultados em uma prática nova e estabilizada.

Estudar o desenvolvimento do PEC a partir das fases do Laboratório de Mudança permite observar a ocorrência de uma nova forma histórica de atividade, em que os licenciandos em ação produzem coletivamente novas formas de atividade de trabalho.

Na atividade de formação docente a principal fonte de desenvolvimento dos sujeitos é o processo dinâmico entre ensinar e aprender, considerados como constitutivos das atividades de professores e de estudantes. Nessa perspectiva, o processo de formação docente precisa ocorrer de forma intencionalmente mediada, para que possam ter acesso às referências dos conteúdos culturais para ensinar e ter condições para internalizá-las, pois “os processos de apropriação dos conhecimentos historicamente acumulados se dão mediados por instrumentos do meio externo” (Dias e Souza, 2017, p.187).

Na atividade de formação docente a principal fonte de desenvolvimento dos sujeitos é o processo dinâmico entre ensinar e aprender, considerados como constitutivos das atividades de professores e de estudantes. Nessa perspectiva, o processo de formação docente precisa ocorrer de forma intencionalmente mediada, para que possam ter acesso às referências dos conteúdos culturais para ensinar e ter condições para internalizá-las.

Esses conceitos são importantes para análise da atividade no contexto dessa pesquisa, pois abrangeu uma estudante de licenciatura em atividade de formação, com suas próprias necessidades e um motivo para participar da formação que é uma atividade coletiva, a Licenciatura em Química.

Entremeios à participação da estudante no sistema de atividades, hierarquizadas, em decorrência dos papéis sociais dos sujeitos e das instituições, constrói-se sua autonomia. Consideramos que a licencianda, na formação inicial docente, transita entre dois espaços articulados e caracterizados nesta pesquisa como as atividades principais: a) a atividade de estudo, envolvendo a aprendizagem teórica da docência e do ensino de ciências, especificamente dos conteúdos e do ensino de química; b) e a atividade de aprendizagem profissional, envolvendo a elaboração e execução de um Projeto de Ensino de Ciências (PEC) na educação básica, durante o Estágio Curricular Supervisionado (ECS).

Antes de discorrermos sobre as especificidades destas atividades, é importante destacar que elas ocorrem, ou deveriam ocorrer, simultaneamente ao longo de toda a carreira docente e não apenas na formação inicial, retroalimentando-se uma a outra, em virtude das demandas da sociedade e do conhecimento produzido no campo da Educação, pois uma atividade agrega à outra em relação às dimensões teórica e prática, com amplo potencial para produzir transformações no sistema de atividades educacional.

A atividade de estudo

Na atividade de estudo, a aprendizagem está relacionada à habilitação profissional do curso, a fim de promover a compreensão de conceitos que trazem elementos, neles fixados, da experiência social e do conhecimento historicamente acumulado.

Conforme Dias e Souza, a apropriação de procedimentos generalizados de ação implicados tanto no conteúdo como na forma de ensinar revela a estrutura da atividade de estudo que está relacionada às concepções de “ensino, de educação, de humanização e de indivíduo que, ao longo de sua vida e de sua formação, foram construídas” (2017, p. 192).

A atividade de estudo, que envolve a aprendizagem da docência e dos conteúdos de Química, possibilita que as ações da futura professora sejam guiadas pelas teorias apreendidas durante sua formação, possibilitando a antecipação de suas ações. Acredita-se que um dos elementos essenciais para o desenvolvimento de toda a potencialidade do sujeito, conforme Davidov (1982 *apud* Moura, 2016, p. 99), encontra-se na possibilidade de apropriação dos conhecimentos teóricos, representada nas inter-relações entre o interno-externo, entre a totalidade-parcialidade, aparência-essência, unidade-pluralidade.

A atividade de estudos no ensino superior caracteriza-se pelo domínio de certos conteúdos dessa atividade, como a autoavaliação, as tarefas e ações de estudo. Dias e Souza (2017, p.194) asseveram que “a atividade de estudo regula os modos de organização da sua própria aprendizagem e da apropriação de conhecimento, mediando sua autotransformação no desenvolvimento de sua personalidade”.

As relações entre as atividades de estudo e de aprendizagem profissional são estabelecidas na interface entre o sentido pessoal atribuído a elas. Conforme Asbahr (2014), a atividade tem seu grau de alienação diminuído e seu caráter consciente aumentado, quando as condições objetivas e subjetivas do ser humano possibilitam maior coesão entre sentido e significado:

Segundo Leontiev, o sentido é criado pela relação objetiva entre aquilo que provoca a ação no sujeito (motivo da atividade) e aquilo para o qual sua ação se orienta como resultado imediato (fim da ação). O sentido pessoal traduz a relação do motivo com o fim. Assim, para encontrar o sentido pessoal, é necessário descobrir seu motivo correspondente (Asbahr, 2014, p.268).

Nessa perspectiva, a atividade de estudo agrega à aprendizagem profissional a dimensão da práxis da atividade que implica um domínio parcial, considerando sua posição de estagiário, sobre aquilo que realizará na escola.

A atividade de aprendizagem profissional

Esta atividade envolve a vivência no ECS e a implementação do PEC por considerar que, apesar da mudança de papel social no espaço escolar, a licencianda ainda está em posição de aprendiz. É importante destacar que esta atividade ocorre de forma simultânea à atividade de estudo, uma retroalimentando a outra.

No ECS, ocorrem situações em que é muito comum licenciandos estarem restritos a observar com uma postura passiva e conformista, na tentativa de reproduzir uma

prática. Também ocorrem situações em que a IES e seus agentes se colocam como detentores do saber, em posição de superioridade em relação à IEB, sem considerar as condições sociais, econômicas e políticas em que se realiza o processo educativo, bem como a formação e a experiência dos professores naquele espaço. Ainda assim, a relação com as escolas pode permitir aos licenciandos tomar contato com a realidade profissional na qual irão atuar. Conforme Dias e Souza (2017), nesse novo lugar social, podem emergir manifestações de relações entre a prática escolar e os conteúdos estudados na licenciatura, ou seja, podem emergir tensões entre teoria e prática.

Para que o estudante de licenciatura não se torne reprodutor de informações, alienado e esvaziado de sentidos, é indispensável que as aulas do curso de licenciatura compreendam a intencionalidade de “envolver os licenciandos em movimentos de ‘trabalho produtivo criador’” (Davidov, 1988 *apud* Dias e Souza, 2017, p. 196). Percebe-se, assim, que essa atividade pode ter um caráter intervencionista.

Desta maneira, a elaboração do PEC exige que a licencianda esteja em movimento e em interação entre duas atividades desenvolvidas nas instituições de educação básica e do ensino superior. Se o mesmo objeto for compartilhado entre as instituições, essas interações entre as diferentes atividades coletivas podem gerar contradições com potencial para se transformarem em uma produção colaborativa e em um esforço deliberado de mudança coletiva, conforme Engeström (2016). Assim, as atividades de realização do ECS e de desenvolvimento do PEC não estão isoladas, são interdependentes, e portanto, as instituições compartilham ou deveriam compartilhar o mesmo objeto que é formar a futura docente, processo fundamental para a construção de uma autonomia coletiva e da identidade profissional da licencianda.

A autonomia na atividade de licenciatura em Química

A autonomia de professores tornou-se um assunto recorrente no discurso pedagógico, porém, por ser um tema polissêmico, pode provocar diferentes ideias com significados variados. Seleccionamos autores que ajudam a compreender, especialmente, a autonomia como um princípio de construção curricular e de proposição de conhecimento no contexto da licenciatura.

Para Contreras, a autonomia não é um atributo individual e apresenta uma noção de autonomia como “construção permanente em uma prática de relações” (2012, p. 216). É na relação com os outros que se deve buscar seus propósitos, ou chegar a um consenso, nas pretensões educativas e no desejo de autonomia para todos os envolvidos. Assim, compreendemos que a construção do PEC, como atividade

da licenciatura, estando imbuída em um contexto de multivocalidade e alteridade, envolvendo professores do curso, professores da escola de educação básica onde o projeto será aplicado, colegas da turma e outros setores ou instituições, os quais estarão em constante diálogo, interação e negociação, pode promover a construção da autonomia dos licenciandos participantes desta atividade.

A elaboração e implementação do PEC na escola cria oportunidade à licencianda de compartilhar o objeto das atividades de estudo e de aprendizagem profissional, assumindo diferentes papéis, na escola como futura professora e na instituição do ensino superior como estudante em formação docente. Nesse caminho, o PEC constitui-se como objeto, o motivo da atividade de estudo na formação docente e torna-se um instrumento mediador na atividade de aprendizagem profissional na escola campo de estágio.

Desta forma, o motivo, os valores e os sentidos devem guiar teórica e praticamente o percurso do processo de forma compartilhada entre os sujeitos do sistema de atividades.

Para que o PEC seja pensado e planejado como uma prática curricular, é importante considerarmos as proposições de Giroux (1997) sobre a importância dos licenciandos e dos estudantes compreenderem a conexão fundamental entre a teoria e os fatos para construção do conhecimento, encarando-o como objeto de investigação e problematização e também como um laço mediador entre os sujeitos envolvidos na atividade. Giroux (1997) defende um modelo estruturado em macro-objetivos e micro-objetivos elucidando o vínculo entre o conhecimento socialmente construído e a aprendizagem escolar.

De acordo com Giroux (1997), os macro-objetivos fornecem blocos teóricos que permitem aos estudantes o estabelecimento de conexões entre os conteúdos e sua relevância para a realidade social mais ampla. Já os micro-objetivos constituem o núcleo de cada disciplina e definem seu curso de investigação. O desafio é relacioná-los com um conjunto mais amplo de objetivos, os macro-objetivos.

A elaboração do PEC, na atividade de estudo, mobiliza conhecimentos dos licenciandos acerca da organização do ensino e dos conteúdos da disciplina, os conceitos químicos (micro-objetivos). Estes conceitos podem estreitar relações com a vida fora da escola e/ou movimentos sociais, a realidade social mais ampla (macro-objetivos), na atividade de aprendizagem profissional.

Conforme Lopes e Macedo (2011), o currículo determina as relações como prática de poder. Esses nexos influenciam no processo de construção da autonomia, que se constrói num contexto de interdependência e relações (Barroso, 1996). Assim, as conexões entre macro e micro-objetivos definidos no PEC são permeadas pelas relações entre os sistemas de atividades, em que pode haver disputas curriculares

Para que o estudante de licenciatura não se torne reprodutor de informações, alienado e esvaziado de sentidos, é indispensável que as aulas do curso de licenciatura compreendam a intencionalidade de “envolver os licenciandos em movimentos de ‘trabalho produtivo criador’” (Davidov, 1988 *apud* Dias e Souza, 2017, p. 196).

com potencial para transformar ou para moldar a atividade pedagógica.

Assim, a compreensão da concepção de autonomia é de um processo dinâmico e de construção coletiva (Barroso, 1996) e constituído numa prática de relações (Contreras, 2012), que envolve sujeitos com diferentes pontos de vistas no contexto educacional, o que torna esse processo multivocal (Engeström, 2016).

Porém, percebe-se cada vez mais uma atuação autoritária do Estado, com a imposição de reformas curriculares e de novas políticas de formação de professores, sob um discurso economicista em prol da eficiência e competência escolar, ao mesmo tempo em que delegam, disfarçadamente, uma autonomia decretada que responsabiliza o sistema de ensino no cumprimento de determinações por ele impostas.

Um exemplo foi a interrupção do processo de implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada de Profissionais do Magistério da Educação Básica, a Resolução CNE/CP 2/2015 (Brasil, 2015), que visavam promover a emancipação dos indivíduos e contribuir para a consolidação da nação, com alicerces na justiça, democracia e inclusão. Para expor a concepção de Educação, o documento remete à “autonomia”, reputada como processo emancipatório e permanente, que considera a práxis como expressão da articulação entre teoria e prática. Ainda, com uma visão ampla do processo formativo, considerando seu contexto histórico-cultural como condição para o exercício do pensamento crítico; a resolução de problemas; o trabalho coletivo e interdisciplinar; a criatividade, inovação, liderança e autonomia.

A interrupção de sua implementação foi ocasionada a partir da publicação do documento DCN-BNC Formação de Professores, pela Resolução CNE/CP 2/2019 (Brasil, 2019), que definiu as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNCFP), cuja elaboração foi marcada por sua celeridade, ausência de debate público e realizada de maneira desrespeitosa, ao desconsiderar toda a produção científica nacional das últimas décadas.

Ao analisar o documento, percebe-se um direcionamento das políticas educacionais para uma padronização, em que os professores são considerados executores passivos, com uma concepção de formação do “professor como profissional”. Contreras (2012) alerta que em épocas de reformas, a aspiração ao profissionalismo é usada, por parte do Estado, para garantir a colaboração dos professores e invalidar possíveis resistências. Nessa concepção a autonomia é decretada como uma forma de responsabilizar professores e escolas pelo fracasso escolar sem considerar as mazelas sociais.

Em decorrência das manifestações negativas de entidades e instituições em relação às DCN de 2019, em maio de 2024 foi publicada a Resolução CNE/CP nº 4 (Brasil, 2024), revogando as resoluções anteriores. Porém, já se observam manifestações negativas sobre seu conteúdo, no que diz respeito aos princípios e às concepções no campo da formação de professores

e pela forma não dialogada de sua construção. Em relação à autonomia, ela replica o trecho em que a “autonomia” é reputada como processo emancipatório e permanente mencionado na Resolução CNE/CP 2/2015 e sugere atividades integradas entre as instituições de Educação Básica e de Educação Superior, para ampliação das oportunidades de construção de conhecimento em direção à autonomia dos licenciandos, sem indicar as condições para que se efetive na prática.

Além disso, e de forma contraditória, ao mesmo tempo em que o documento indica uma direção para desenvolvimento da autonomia dos licenciandos, ela reforça uma padronização do conhecimento escolar, uma vez que a formação deverá “assegurar a integração da base comum nacional ao projeto pedagógico do curso” (Brasil, 2024, p. 4). Ou seja, reduz a autonomia docente em relação ao planejamento e desenvolvimento curricular e ao mesmo tempo faz uma reutilização do conteúdo das duas resoluções anteriores.

Nesse sentido, precisamos criar espaços para se pensar uma outra formação, considerando o papel ativo da ação humana, conforme postula Giroux (1986), em que a autonomia relativa proporciona momentos de ação humana crítica. É importante compreender a função das contradições neste cenário, que têm papel central como fontes de mudança e desenvolvimento (Engeström, 2001).

Acreditamos que o PEC pode se tornar uma atividade fundamental para o desenvolvimento da autonomia na formação de professores, pois sendo um objeto transformado do motivo lança para frente a aprendizagem expansiva, em que “os alunos constroem um novo objeto e conceito para sua atividade coletiva e implementam este novo objeto e conceito na prática” (Engeström e Sannino, 2016, p. 370). É preciso considerar que a construção do PEC ocorre em diferentes sistemas de atividades e por isso suscita contradições, desvela os problemas, as dúvidas e as incertezas experimentadas pelos(as) licenciandos(as) envolvidos nas atividades de estudo e de aprendizagem profissional.

Metodologia

Em pesquisas de cunho qualitativo com fundamento teórico-metodológico na Teoria da Atividade Sócio-Histórico-Cultural, a “apreensão da realidade”, de acordo com Araújo e Moraes (2017), busca revelar o fenômeno em seu próprio processo de mudança. Esta conduta é fundamental para demarcar atributos do fenômeno investigado.

Para Vigotsky, “estudar algo historicamente significa estudá-lo no processo de mudança: esse é o requisito básico do método dialético” (2007, p. 68). Isso indica que é necessário estudar o fenômeno em movimento, captando o processo de desenvolvimento. Este argumento teórico-metodológico, além de ser utilizado para a fundamentação teórica da pesquisa, também constituiu a metodologia de análise juntamente com os fundamentos do campo do currículo e da formação de professores.

Definimos como momento do fenômeno investigado o período em que a licencianda cursou as disciplinas de

“Oficina e Projetos no Ensino de Ciências” (OPE) realizada no 6º semestre do curso e “Prática de Ensino de Química I e II” (PEQ I e PEQ 2) realizadas respectivamente nos 7º e 8º semestres. Conforme o Projeto Pedagógico de Curso (PPC), as disciplinas estão articuladas ao estágio curricular e objetivam a elaboração, desenvolvimento e aplicação de um projeto de pesquisa relacionado ao ensino de ciências.

Desta maneira, nosso percurso metodológico envolve: o entendimento do fenômeno e a delimitação do sistema de atividades; análises das atividades, conforme proposto por Engeström (2016), enfatizando-se as transformações do objeto revelando contradições e análise das concepções declarativas, como discursos ou interações sociais dos sujeitos. Engeström (1999) também propôs um ciclo de geração de atividade de aprendizagem expansiva que busca engendrar a atividade em sete passos, os quais embasam nossa análise de dados, são eles: questionamento, análise da situação, modelagem, exame do modelo, implementação do modelo, reflexão e consolidação. O *corpus* de pesquisa envolve os relatórios de ESC, as diferentes versões do PEC da licencianda, anotações em diário reflexivo e uma entrevista semiestruturada por videoconferência.

A apreensão dos dados ocorreu entre fevereiro de 2020 e dezembro de 2021, sendo que a turma da licencianda iniciou o curso em 2018 e concluiu em 2021, envolvendo o período de ensino remoto emergencial em decorrência da pandemia da Covid-19, com participação *in loco* da primeira autora no processo formativo. Assim, buscamos formas de captar o processo de construção da autonomia na Licenciatura em Química nas atividades de estudo e de aprendizagem profissional, por meio da construção e implementação do PEC elaborado pela licencianda Márcia (nome fictício), selecionada para este estudo por atender os seguintes critérios: a) ter aplicado uma proposta relacionada ao ensino de Ciências na Educação Básica, no Ensino Médio; b) ter concluído todas as etapas do PEC; c) trazer indícios de superar contradições durante o desenvolvimento do PEC.

Quadro 1: Caracterização da licencianda Márcia

Nome	Márcia
Idade	21 anos
Cidade de Origem	Campinas
Formação	Ensino Médio
Motivo pela escolha do curso	Minha mãe é professora, eu sempre gostei da profissão e não passei em engenharia química. Era o curso perto de casa na área que eu queria.
Local do estágio	Colégio Particular
Atividades complementares	Foi monitora desde o primeiro ano da graduação, participou de um projeto de extensão com alunos do quinto ano, deu aulas no estágio e é professora particular.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Esta pesquisa atende aos princípios éticos para constituição e análise dos dados, que se baseiam nas orientações da Comissão de Ética da FEUSP, firmadas nos princípios do Código de Ética da USP (Resolução 4.871/2001), da Comissão de Ética da instituição coparticipante, o IFSP, e do Conselho Nacional de Saúde (Resolução 510/2016). O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi assinado pela participante, cujo modelo está na Base de Situações de Ensino e Aprendizagem (BDSEA) do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas (LAPEQ).

Análise e discussão dos resultados

Antes de iniciar a análise e discussão dos resultados, é importante reiterar que no momento de apreensão dos dados para esta pesquisa nossas atividades estavam acometidas pela pandemia de Covid-19. O que vivemos, nesse período, poderia ter uma analogia com o entendimento sobre crise apresentado por Dafermos (2020) com inspiração em Vigotsky, um momento crítico de um processo de desenvolvimento dinâmico e contraditório. É sob o prisma da crise que os resultados são analisados e discutidos.

Iniciamos pela análise do PEC da licencianda Márcia, focando na elaboração autoral, execução e avaliação para compreendermos o processo de construção da autonomia na formação inicial de professores de química observando as contradições e as transições entre os sistemas de atividades de estudo e de aprendizagem profissional.

Presumimos que o PEC mobiliza os saberes construídos ao longo da formação, tanto na etapa de elaboração quanto de execução. A produção do PEC, que tem início na atividade de estudo como o objeto desta atividade, se transforma em um instrumento mediador na atividade de aprendizagem profissional. Também é considerado uma prática curricular (Giroux, 1997), assim, as análises buscam compreender o processo de construção da autonomia da licencianda por meio da produção autoral e execução do PEC, à luz dos conceitos do vínculo entre o conhecimento socialmente construído e a aprendizagem escolar, caracterizados por macro e micro-objetivos (Giroux, 1997), em direção de uma autonomia construída (Barroso, 1996), sendo ela profissional, dinâmica e relacional (Contreras, 2012).

Compreender as contradições que envolvem a construção do PEC, em diferentes sistemas de atividades, é uma tarefa importante para desvelar os problemas, as dúvidas e as incertezas experimentadas pela licencianda envolvidos nas atividades de estudo e aprendizagem profissional, pois, para Engeström (2016), um objeto transformado em um motivo lança para a frente a aprendizagem expansiva. Desta forma, analisa-se o PEC como a possibilidade de construção de uma nova forma histórica de atividade, por meio da aprendizagem expansiva (Engeström, 1999; 2016). As análises seguem as sete etapas do ciclo de aprendizagem expansiva.

Inicialmente, na etapa *questionamento* do ciclo expansivo, ao analisar a proposição curricular do PEC de Márcia,

observamos que a mesma pretendia desenvolver a proposta (Quadro 2).

Quadro 2: Projeto de Ensino de Ciências da licencianda Marcia, versão 1 [28/01/2021]

Como a história de grandes cientistas que representam minorias sociais, em especial negros, mulheres e membros da comunidade LGBTQIA+, incentivam o aprendizado de Ciências durante o Ensino Fundamental II e o Ensino Médio e o interesse pela carreira.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Inicialmente, o PEC da licencianda pretendia tratar sobre a invisibilidade da mulher na ciência, do machismo estrutural dentro do ambiente acadêmico, destacar cientistas negros e a comunidade LGBTQIA+. Segundo a licencianda Márcia, a falta de representatividade mantém o cientista em um estereótipo (homens brancos, idosos, vestindo jalecos), em acordo com os resultados de Kosminsky e Giordan (2002), que pode reduzir o interesse de crianças pela área por se sentirem diferentes do padrão estereotipado. No Quadro 3, Márcia descreve o quanto estava interessada em investigar essa temática.

Quadro 3: Trecho do diário reflexivo da licencianda Marcia [13/04/2021]

No último semestre, quando escolhemos o tema, decidi seguir meu coração e abordar um assunto complexo e importante na atualidade: a falta de representatividade dentro do ensino de química. Todavia, encontrei inúmeros desafios durante a pesquisa bibliográfica inicial. Existem várias pesquisas acerca da participação da mulher na ciência, como dados estatísticos e teses, o mesmo ocorre, em menor quantidade, em relação ao movimento negro dentro das ciências. Quando se dirige um olhar a comunidade LGBTQIA+ dentro da academia, pouco se sabe sobre sua participação. Isso me desanima a continuar com essa pesquisa, porque gostaria de focar nesse ponto em específico. O tema é ousado e inovador, até considerado polêmico, mas vejo sua necessidade como ato de resistência ao governo atual. Aprendemos inúmeras teorias ao longo dos três anos que compõem o ensino médio, mas quem são os cientistas por trás disso? E por que não utilizar figuras diversas para abordar esses conceitos e inspirar alunos?

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Percebe-se que Márcia possuía a intenção de trazer a diversidade para tratar sobre representatividade no ensino de química. Porém, ao mencionar que o “tema é ousado e inovador, até considerado polêmico, mas vejo sua necessidade como ato de resistência ao governo atual”, a licencianda está se referindo ao movimento conservador e de extrema direita, que por meio da desinformação, fanatismo religioso e político ganhou força com o governo federal (2019-2022). Este governo atuou de modo autoritário e instigou políticos a promover ações para inibir a liberdade intelectual e promover

a desinformação (Borges da Silveira e Andretta, 2023). A multivocalidade dos sistemas de atividades da Educação conheceu um conjunto de conflitos, tensões e contradições que definitivamente não repercutiram em condições concretas para sua reconfiguração expansiva.

Assim, a licencianda iniciou a segunda etapa do ciclo expansivo de *análise da situação*, em meio à crise política e aos ataques à educação, e especialmente a temas periféricos e considerados marginalizados, o que a levou a enfrentar sua primeira contradição. Como o PEC, um instrumento de autoria da licencianda, produzido na atividade de estudo, se converteria em um plano de atividades para ser desenvolvido em uma escola de Educação Básica no âmbito do ECS na atividade de aprendizagem profissional, Márcia considerou que poderia ocorrer uma tensão entre o tema do PEC e a comunidade onde o projeto seria desenvolvido, considerando o discurso em defesa da “família, moral e bons costumes”, da “segurança do cidadão de bem” e “anticomunista”, disseminado pelo governo (Borges da Silveira e Andretta, 2023). Além disso, o governo também incentivava que fossem feitas filmagens de professores em ação na sala de aula (UOL, 2019), em consonância com o movimento Escola sem Partido, envolvendo pais de alunos, que defendiam a gravação como forma de acompanhamento das aulas, ou ainda como maneira de inibir uma suposta doutrinação por parte dos docentes. Mas também houve quem entendesse essa postura como perseguição aos professores. Desta forma, Márcia teve receio, caracterizada por uma situação de contradição entre elementos da atividade, de não ter seu projeto (instrumento) aceito pelos professores e alunos da escola (comunidade) onde realizou o estágio, pois chegou a procurar o professor da disciplina para expor sua preocupação, como observamos no Quadro 4, e o mesmo aprovou a sugestão que a licencianda trouxe para trocar de tema.

Quadro 4: Trecho do diário reflexivo da licencianda Marcia [28/04/2021]

[...] Depois de conversar com os orientadores no período da aula, eu me senti muito mais tranquila. O apoio foi incrível e é ótimo receber esse tipo de feedback, nos permite continuar sem desistir.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

O caminho que a licencianda encontrou para enfrentar a contradição foi adequar o tema do PEC. Nesse sentido, Márcia retorna à primeira etapa do ciclo expansivo de *questionamento* e reflete sobre a possibilidade de mudança de tema abordando sobre “elementos históricos relacionados às práticas bruxas executadas no período da idade média para contextualizar química orgânica”.

Apesar de ter alterado o tema, a discussão sobre o papel da mulher na sociedade se manteve, modificando-o para a discussão sobre as práticas de bruxaria. Assim, Márcia promoveu uma subversão, pois superou a contradição sobre o papel da mulher na sociedade atual, reconfigurando o

contexto histórico onde as mulheres eram sistematicamente suprimidas. Além disso, aproximou elementos de bruxaria e de alquimia, práticas que também sofreram repressão durante a Idade Média.

Quadro 5: Trecho do diário reflexivo da licencianda Marcia [28/04/2021]

[...] separei vários artigos interessantes e realizei uma primeira leitura rápida sobre. Consegui montar minha pergunta a ser respondida: Como é possível utilizar elementos históricos relacionados às práticas bruxas executadas no período da idade média para contextualizar química orgânica para alunos matriculados no terceiro ano do ensino médio?“. Além de abordar algumas ervas medicinais e seus efeitos, quero explicar a estrutura orgânica presente na poção do amor extraída da beladona, que é utilizada até os dias de hoje.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Na etapa *análise da situação*, a licencianda Márcia demonstrou preocupação em fazer uma articulação com a escola onde o projeto seria executado ao estabelecer um diálogo com a professora supervisora do ECS, conforme o Quadro 6.

Quadro 6: Trecho do diário reflexivo da licencianda Marcia [28/04/2021]

[...] fui informar a professora do estágio sobre meu projeto e se era possível aplicar em uma ou duas aulas do estágio em agosto. [...] Ela foi super receptiva e tenho certeza que não será um problema.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

É importante mencionar que a escola onde Márcia fez estágio é uma escola privada em que há um currículo prescrito por meio de sistema de ensino apostilado. Durante o ensino remoto emergencial os estudantes de licenciatura tiveram dificuldades em encontrar escolas que estivessem abertas para recebê-los, mesmo diante dos protocolos de segurança e aulas remotas. No caso de Márcia, isso foi possível porque uma professora do curso ofereceu a oportunidade de estágio na escola em que a mesma atuava como diretora.

Essa caracterização da escola é importante para destacarmos a percepção de Márcia em garantir que, na sua condição de aprendiz, precisaria de um espaço potencial de trocas recursivas com a professora supervisora, assim como uma boa relação para contar com seu auxílio. Observamos que Márcia caminhava em direção ao desenvolvimento de sua autonomia, pois para Contreras (2012, p. 226) uma “autonomia consciente da parcialidade de si mesmo” envolve a percepção de suas próprias limitações ligada à consciência de nossa insuficiência, o que nos impele a buscar relações com os outros e de outras parcialidades.

Considerando que o PEC é um projeto pedagógico curricular, é importante que o contexto do ECS seja levado em conta para alinhá-lo ao currículo e ao contexto escolar. Esse

alinhamento é fundamental para que as etapas de *modelagem e de exame do modelo* possam caracterizar-se como momentos de troca e coformação, em que os saberes que envolvem o currículo e a prática docente escolar instiguem o desenvolvimento curricular e os saberes da licenciatura recursivamente.

Essa troca entre a licencianda e a professora supervisora foi importante para avançar para a etapa de *exame do modelo*. Para entender a dinâmica, os potenciais e as limitações do modelo, é importante construir um planejamento, que apresentamos no Quadro 7.

Quadro 7 - Trechos do Projeto de Ensino de Ciências versão final da licencianda Márcia - 12/2021

Márcia	
Tema	“Poções Mágicas”: Uma proposta transdisciplinar entre química e história medieval.
Problema	Como é possível utilizar elementos históricos relacionados às práticas bruxas executadas no período da Idade Média para contextualizar química orgânica aos alunos matriculados no terceiro ano do ensino médio?
Atividades	A aula se iniciará numa roda de conversa, tendo como ponto de partida uma pergunta norteadora: “O que é Alquimia?”. A partir disso, o objetivo é discutir sobre os mitos que envolvem magia e bruxas praticantes durante esse período histórico, relacionando com os alquimistas e suas práticas. Os primeiros questionamentos acerca do assunto serão feitos aos estudantes, como por exemplo, “O que é magia?”, “As bruxas eram mágicas?”, “Onde estavam os alquimistas e cientistas durante esse período?”. Deste modo, será possível ter uma noção dos conhecimentos prévios dos alunos em relação a Santa Inquisição e Caça às Bruxas durante a Idade Média. A seguir, será feita uma breve contextualização do período histórico, citando acontecimentos e conceitos importantes. Feito isso, será questionado aos alunos os motivos que levaram a uma maior perseguição das bruxas em detrimento dos alquimistas e os impactos gerados por isso. Será analisada a carta de Johannes Junius para a sua filha Veronika em grupo, fazendo discussões sobre direitos humanos e questões de gênero e classe. Adentrando na bioquímica, será discutido acerca das plantas medicinais mais comuns na Europa durante esse período: <i>Atropa belladonna</i>, <i>Hyoscyamus niger</i> e <i>Mandragora officinarum</i>. Usando esse tópico como introdução, será discutido o conceito de alcalóides, seus efeitos no organismo humano, presença nas poções “mágicas”, como poção do amor e do sono, contribuição nos mitos que envolvem a bruxaria medieval e compõem o folclore e a presença no consumo atualmente, como nas drogas, bebidas e medicamentos. Ao fim dessa apresentação, será entregue um estudo de caso para os alunos resolverem. A história é de uma jovem acusada de bruxaria por utilizar uma poção mágica do sono para lhe ajudar a dormir à noite, uma vez que sofre de constantes pesadelos. Os alunos devem defender ou condenar a jovem, se baseando em conceitos científicos estudados. Concluindo a aula, os alunos irão responder a um questionário aberto, narrando a experiência.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Na etapa de *exame do modelo* é analisado o funcionamento da proposta para compreender sua dinâmica. O modelo foi compartilhado com os(as) demais colegas licenciandos(as) e professores(as) das disciplinas PEQ 1 e PEQ 2, no âmbito da IES, na atividade de estudo. Pode-se considerar que o *exame do modelo* ocorreu simultaneamente à etapa de *modelagem*, pois, a cada exame, o modelo era melhorado e alterado.

É importante destacar que o tema “Poções Mágicas”, proposto pela licencianda Márcia, buscou conectar conhecimento científico com um contexto social mais amplo, conforme proposto por Giroux (1997), ao buscar relacionar uma realidade social mais ampla (macro-objetivos) contextualizando com acontecimentos históricos que envolvia a “Santa Inquisição e Caça às Bruxas durante a Idade Média” e o núcleo de uma disciplina, os conceitos químicos (micro-objetivos). A relação entre alcalóides e poções mágicas foi comparada à preparação e ao consumo de outras substâncias psicotrópicas em outras formas de apresentação. Além disso, as questões sobre quem eram esses personagens e quais outros haveria na mesma época também parece anunciar uma discussão sobre o próprio conhecimento e os agentes que o produziam. Macro e micro-objetivos também se alinham sob a perspectiva da própria cidade científica.

Observamos que essa etapa de modelagem abrangeu os estudantes e os professores da IES na atividade de estudo, e a professora supervisora de estágio da Educação Básica na atividade de aprendizagem profissional, conforme o Quadro 8.

Quadro 8: Trecho do diário reflexivo – licencianda Marcia [12/05/2021]

[...] Desde que acertei o tema e me concentrei, tenho tido facilidade em desenvolver o projeto. Escrevi a introdução semana passada e a professora Virgínia aprovou, ainda não sei a nota, mas ela disse que eu escrevo muito bem. Fiquei feliz com o elogio. Também mandei para o César e após uma ótima conversa, fiquei satisfeita. Acho que estou no caminho certo. [...] Também já tenho a metodologia do programa e sei como irei aplicar o projeto em sala de aula e como recolher os dados. Irei utilizar um questionário e dependendo das respostas, algumas entrevistas, incluindo com a Professora.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

É importante elucidar que o professor César ministrou a disciplina PEC II e a professora Virgínia orientou o ECS neste período, ambos vinculados ao curso de Licenciatura em Química e à atividade de estudo de Márcia. Também observamos a participação da professora supervisora de estágio nesta etapa, evidenciada no Quadro 6 por meio de conversas durante o estágio e pela realização de uma entrevista incluindo a professora, apontada no Quadro 8, envolvendo a atividade de aprendizagem profissional da licencianda.

Considerando que o PEC é uma prática curricular, é importante a participação ativa, tanto dos professores envolvidos na IES quanto na IES, em sua construção e desenvolvimento. Assim, podemos vislumbrar o PEC como uma atividade coletiva, no sentido de Leontiev (2021), que partiu

de uma necessidade comum e de um motivo compartilhado entre todos os sujeitos envolvidos, fator essencial para promover uma transformação da Educação, comprometida com a produção do currículo e do conhecimento em direção a uma autonomia, que significa um conceito construído social e politicamente, pela interação dos diferentes atores organizacionais (Barroso, 1996). Desta maneira, avançou-se para a próxima etapa, a *implementação do modelo*, que de acordo com Engeström e Sannino (2016), ocorre por meio de sua execução prática. Constituído como objeto da atividade de estudo, o PEC (o modelo), passa a se configurar como instrumento mediador da atividade de aprendizagem profissional. No Quadro 9, Márcia descreve alguns momentos desta etapa.

Quadro 9: Trecho do diário reflexivo – licencianda Marcia [09/10/2021]

Apesar de ter tido alguns problemas e atrapalhões, eu estava muito nervosa e demorou vinte minutos para conseguir ligar o projetor da escola, deu tudo certo. Os alunos foram muito receptivos e interessados, as discussões seguiram os rumos que eu desejava e consegui lidar bem com elas. Eles falaram bastante à medida que a aula foi avançando, mas eu precisei insistir, apontando.

Nas respostas do estudo de caso, eles usaram poucos conhecimentos científicos. Contudo, com o questionário foi possível perceber que eles entenderam o que eu queria que eles aprendessem. Planejo escrever sobre isso em um tópico nos resultados e discussões.

Apesar de ainda não ter começado a escrever, eu narrei a aula toda no meu caderno e recolhi as respostas escritas para não perder nada. Não consegui gravar, mas pedi que eles anotassem antes de dizer. Foi uma boa estratégia, eles levaram bem a sério. Adoraram a parte de Harry Potter, é algo que continuarei fazendo quando for professora. Despertou interesse. Eu ganhei até um “volte sempre” na avaliação da aula. Foi um sucesso e o César ficou muito feliz quando contei para ele, disse que com o nível do meu trabalho não poderia ser diferente.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Destacamos que nesse momento de implementação é que a licencianda buscou atingir o objetivo que idealizou. Sentimentos típicos de professoras em situações iniciais de trabalho são descritas e contrastadas com a receptividade e o interesse dos estudantes, o que indica a presença de elementos de análise que nos fornecem a chave para compreender a recepção da sequência didática entre os estudantes. Outros indícios de envolvimento dos estudantes com a proposta, como o fato que eles “levaram bem a sério” apontam para seu êxito. Márcia analisa o desempenho dos estudantes, que é uma ação típica da professora, e planeja escrever sobre ele, que é uma ação formativa da estudante. Observa-se assim o entrecruzamento das atividades de aprendizagem profissional e de estudo, em uma espécie de confluência de motivos.

É importante que suas ações de implementação do modelo foram seguidas de uma análise sistematizada em anotações que lhe forneceu novos instrumentos para a *etapa de reflexão*. Observamos que Márcia estava atenta quanto ao entendimento conceitual dos estudantes, o qual a licencianda

também demonstra analisar, e contrasta com seus próprios objetivos de ensino, que levaram os estudantes a aprender o que havia indicado ser prioritário, “o que eu queria que eles aprendessem”. Estas ações não foram gravadas, mas foram registradas em caderno e nas produções dos estudantes, e ainda assim, elas foram recuperadas para a *etapa de consolidação*.

Na etapa de *implementação do modelo*, a licencianda muda seu papel social na atividade de Licenciatura em Química, de estudante para professora, conforme verificamos nas ações analisadas acima. No entanto, Márcia parece reconhecer a primazia do papel de estudante de licenciatura quando menciona que continuará a levar Harry Potter para a sala de aula quando for professora. O diário reflexivo sendo ferramenta introduzida em uma disciplina da licenciatura tem como interlocutor presumido o professor formador, o qual cumpre um papel importante para Márcia referendar os sentimentos provocados pelos estudantes. Aqui, Márcia se encontra entre analisar a recepção dos estudantes, como professora, e analisar seu desempenho como licencianda, pelas lentes do professor formador.

Podemos considerar que a *etapa de reflexão*, que contemplou a avaliação do processo de desenvolvimento do PEC ocorreu ao longo das disciplinas de PEQ 1 e PEQ 2. Juntamente com a etapa de exame do modelo, os licenciandos se preparavam para fazer apresentações sobre o andamento do PEC, no meio e final de cada semestre. As apresentações eram compreendidas como um momento de formação coletiva e reflexão entre os licenciandos e professores do curso, na atividade de estudo. Porém, esses momentos ocorreram sem a participação da professora supervisora do estágio da Educação Básica, que fazia o acompanhamento de forma individual com cada licenciando(a).

A etapa de *consolidação* dos resultados caracteriza-se como uma tomada de decisão, também coletiva, em que se estrutura uma forma de prática nova e estável (Engeström, 1999). No Quadro 10, a licencianda expõe suas aspirações para o futuro e seus aprendizados.

Quadro 10: Trechos do Projeto de Ensino de Ciências versão final da licencianda Márcia 12/2021

O conteúdo de “poções mágicas” possui uma grande variedade de aplicações em química, que poderiam ter sido exploradas se houvesse a disposição mais aulas. [...]
Entretanto, a contextualização histórica em química, no geral, não se limita apenas à história medieval entre alquimistas e bruxas. É possível utilizar os períodos históricos dos conteúdos para contextualizar assuntos normalmente abstratos, como por exemplo a relação entre espectrofotometria e os corantes presentes nas tinturas indígenas ou as diferentes estruturas capilares, a composição dos produtos para diferentes tipos de cabelos e a ação do aquecimento nos fios por secadores de cabelo e pranchas alisadoras. Deste modo, facilita-se a aprendizagem, além de proporcionar uma experiência intrigante e desafiadora em uma educação ativista, feminista, antirracista, inclusiva e igualitária.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Conforme Engeström (1999), essa etapa só pode ser consolidada como uma nova prática, resolução de contradições por meio de um acordo, ou como uma forma de encontrar um novo sentido pessoal. Observamos que após a implementação, Márcia reflete e observa que é possível criar outros desdobramentos para contextualizar o ensino de química e aponta que “a contextualização histórica em química, no geral, não se limita à história medieval entre alquimistas e bruxas” e que “É possível utilizar os períodos históricos dos conteúdos para contextualizar assuntos normalmente abstratos”. A licencianda nos dá exemplos de temas incomuns na Educação Básica como a espectrofotometria, os corantes das tinturas produzidas por indígenas e a composição, estrutura e produtos capilares demonstrando que houve consolidação da atividade como uma nova prática, ou seja, novas abordagens para o ensino de química.

Assim, é possível constatar que o PEC elaborado por Márcia expandiu o objeto de aprendizagem porque buscou meios de promover uma aprendizagem para além do conteúdo específico de química, conforme a licencianda apontou, pois buscou “proporcionar uma experiência intrigante e desafiadora em uma educação ativista, feminista, antirracista, inclusiva e igualitária”.

O PEC de Márcia caracteriza-se pela busca da autonomia, que pressupõe sua construção como prática curricular, provoca o desejo de mudança, e dialoga de forma crítica com a educação, fazendo uma intervenção para transformá-la. Sobre o desenvolvimento da autonomia, a licencianda Márcia expõe no Quadro 11 o que caracteriza uma prática docente com autonomia.

Quadro 11: Trecho transcrito da entrevista via Google Meet – licencianda Márcia [30/11/2021]

P	O que caracteriza uma prática docente com autonomia?
Márcia	Eu acho que é ter liberdade para fugir um pouco do material didático, né? Eu acho que a gente tem que usar um material didático, para guiar os conteúdos. Mas que ele não pode nos prender, então eu acho que com autonomia, se eu tenho autonomia para dar aula do jeito que eu quero. Então, se eu quiser dar esse conteúdo de forma tradicional, OK? Se eu quiser dar esse conteúdo, uma roda de conversa e entregar para os alunos, para eles fazerem um seminário. Ou ir ao laboratório com o estudo do meio? Então eu acho que a autonomia ela te dá essa (...). Ela abre as portas para a criatividade. Acho que o mais importante é ser criativo e inovar para não cair também na repetição, porque também não adianta nada fazer as metodologias ativas. Aí é sempre a mesma, pronto, caiu no repetitivo, já perde o interesse, já perde a graça, fica chato. Então eu acho que se você tivesse autonomia para trabalhar, eu dou a cada semana uma coisa diferente porque a química é difícil. Química é vista como chata, então a gente tem que se esforçar 10 vezes mais para conseguir atrair a atenção do aluno.

Fonte: BDSEA, LAPEQ.

Observamos que Márcia se deu conta de que o propósito atribuído ao material didático, muito comum em escolas privadas, diverge de seus propósitos construídos ao longo de sua formação, relacionando seu uso a uma suposta liberdade: “Eu acho que é ter liberdade para fugir um pouco do material didático ... Eu acho que a gente tem que usar um material didático, para guiar os conteúdos”. Para Márcia, o material didático “não pode nos prender” e a autonomia lhe permite trabalhar (dar aula) do seu próprio jeito, com suas próprias intenções. Observamos que a licencianda entende que a conduta profissional do professor pode intervir no currículo posicionando-se numa perspectiva livre e crítica. Sacristán (1999, p. 77) propõe que uma mudança na Educação precisa considerar “o professor participando ativamente no desenvolvimento curricular, deixando de ser um mero consumidor”.

Outro aspecto destacado por Márcia é a relação entre autonomia e criatividade, pois a primeira abre as portas para a segunda, o que converge com as ideias de Contreras (2012) quando considera que a prática da profissão é dotada de significado e de intenção criadora. Para ele, a exigência de autonomia é uma forma de exercer a profissão estabelecendo uma relação com a profissionalidade e reivindica “oportunidade para que a prática de ensino possa se desenvolver de acordo com determinados valores educacionais” (Contreras, 2012, p. 213) tornando-se necessária. Desta forma, Márcia também considerou que participar de forma criativa do desenvolvimento curricular, poderia contribuir com a construção de sua autonomia profissional (Sacristán, 1999).

Quando Márcia menciona que “Química é vista como chata, então a gente tem que se esforçar 10 vezes mais para conseguir atrair a atenção do aluno”, a licencianda demonstra inquietação com o fato de os professores precisarem se dedicar com mais afinco para que a aprendizagem se concretize. Nesse sentido, Giroux (1997) defende que os(as) professores(as) têm importante papel nas condições da escolarização para que formem cidadãos reflexivos, ativos e críticos para o desenvolvimento de uma sociedade livre. Assim, corrobora com o projeto de Vigotsky que, segundo Stetsenko (2015), almeja promover a igualdade de acesso às ferramentas culturais fornecidas pela sociedade. Essas ferramentas podem ser representadas pelos conhecimentos na área de química que permitirão aos estudantes conviver de forma ativa e crítica em sociedade.

Entretanto, na caracterização de autonomia expressa por Márcia, não identificamos elementos de uma concepção dinâmica de autonomia, que envolve como um movimento recursivo de troca entre os envolvidos na atividade, o que possibilitaria a criação de um espaço potencial entre o eu e o outro, com princípios da multivocalidade (Engeström, 2001), representados por múltiplos pontos de vista, interesses e contradições.

A partir das sete etapas de desenvolvimento do ciclo expansivo proposto por Engeström (1999; 2016), que empregamos na análise acima, apresentamos no Quadro 12, uma síntese com as principais características das atividades de estudo e de aprendizagem profissional, vinculando-as ao processo de desenvolvimento da autonomia de Márcia. É importante ressaltar que não se trata de uma fórmula universal de fases, pois de acordo com Engeström e Sannino (2016), inexistiu um processo de aprendizagem concreto.

Observa-se no Quadro 12 a distinção da etapa de *consolidação* com a cor branca, devido sua caracterização de uma nova atividade prática, em que a licencianda evidenciou o desejo de transformação ao questionar a ordem existente. Assim, a estudante completa a transição, do papel de estudante para o de docente, em que se coloca no processo de apropriação da atividade docente ao sugerir novas abordagens para o ensino de química podendo vir a acontecer em sua atividade profissional, na docência.

Considerações finais

Observamos que essa experiência exigiu conhecimentos da estudante em formação, pois envolveu a autoria e a complexidade de dois espaços de ensino, a IES e a IEB, ambas permeadas por contradições e multivocalidade em direção a uma autonomia construída baseada em relações. Com a crise causada pela pandemia da Covid-19 e pelo contexto político do período investigado (2019-2022) a reinvenção e a criatividade foram fundamentais para refletir sobre a “tragédia otimista” no sentido de Vigotsky, ou seja, buscar um caminho possível diante da crise.

Podemos considerar que ao desenvolver o PEC os sistemas de atividades estão em interação, envolvendo as IEB e IES, gerando tensões que podem se transformar em uma visão colaborativa e em um esforço deliberado de mudança coletiva em direção à autonomia em cada etapa do ciclo de atividade de aprendizagem expansiva.

Na etapa *questionamento*, constatamos que a autonomia supõe o início de um processo progressivo de aprendizagem profissional, pois a definição do tema do PEC permite que o(a)s licenciando(a)s expandam a interpretação do processo educacional e do conhecimento, podendo torná-lo instrumento de resistência e questionamento do *status quo*. Se estiver conectado com as aspirações da comunidade tem potencial de vislumbrar uma transformação social na comunidade onde será desenvolvido.

Como a atividade é determinada pelas condições externas e sociais, a etapa de *análise da situação* envolve a compreensão da situação colocada, suas origens e evolução. Assim, o PEC deve aproximar o desejo de mudança vivenciado pela escola para dialogar com o esse cotidiano, o que pode suscitar contradições entre os elementos da atividade,

[...] essa experiência exigiu conhecimentos da estudante em formação, pois envolveu a autoria e a complexidade de dois espaços de ensino, a IES e a IEB, ambas permeadas por contradições e multivocalidade em direção a uma autonomia construída baseada em relações.

Quadro 12 - Síntese do Ciclo Expansivo

FASES DO CICLO EXPANSIVO	ATIVIDADE DE ESTUDO	ATIVIDADE DE APRENDIZAGEM PROFISSIONAL	DESENVOLVIMENTO DA AUTONOMIA
QUESTIONAMENTO	Definição dos Temas 1 e 2		Momento de questionamento e resistência. Análise do currículo.
ANÁLISE DA SITUAÇÃO	Análises dos elementos da atividade (temas 1 e 2)- instrumento (PEC)	Análises dos elementos da atividade (temas 1 e 2) - comunidade (escola)	Compreensão da situação colocada. Autonomia como prática de relações, multivocalidade.
MODELAGEM	Planejamento do PEC (tema 2)	Planejamento do PEC (tema 2)	Busca ensinar com sentido seu próprio, a produção autoral do PEC como autonomia da prática curricular. Intenção criadora.
EXAME DO MODELO	Compartilhamento com colegas e professores	Compartilhamento com supervisor de estágio	Autonomia dinâmica e de relações – conformação.
IMPLEMENTAÇÃO		Ponto culminante da atividade a aplicação do PEC, instrumento mediador desta atividade	Imersão em um contexto de multivocalidade e de relações que ocorrem simultaneamente e eleger um conjunto de ações que lhe permitirá atingir o objetivo que idealizou.
REFLEXÃO	Avaliação do processo		Autonomia consciente da parcialidade e de si mesmo.
CONSOLIDAÇÃO	Uma nova prática, resolução de contradições por meio de um acordo, ou como uma forma de encontrar um novo sentido pessoal.		Expandiu o objeto de aprendizagem porque buscou meios de promover, com autonomia, uma aprendizagem para além do conteúdo específico de química.

Fonte: os autores

a constituição deste intercâmbio configura a autonomia do(a) licenciando(a). É preciso considerar que a atividade educativa é influenciada política, econômica e culturalmente, o que determina as margens de autonomia, e por isso o professor não detém responsabilidade exclusiva sobre sua atividade. Deste modo, a dialética entre as expectativas externas e os projetos internos precisa ser compreendida pelo(a)s licenciando(a)s nesta etapa de construção do PEC, pois a partir desta etapa, seu tema pode ser alterado ou mantido. Caso os desafios para superação das contradições ultrapassem os limites que a dimensão da práxis da atividade impõe ao licenciando, que implica um domínio parcial, considerando sua posição de estagiário, é recomendado que se reinicie o ciclo, na etapa *questionamento*.

Após a definição do tema e análise da situação, inicia-se a etapa de *modelagem* para construção de um modelo que explique e ofereça uma solução para a situação problemática. O PEC nesta etapa é construído como um instrumento, que pode ser idealizado coletivamente, e que mobiliza as atividades de estudo e aprendizagem profissional de licenciandos(as), numa perspectiva de prática curricular (Giroux, 1997) e como uma possibilidade de construção de uma nova forma histórica de atividade por meio da aprendizagem expansiva (Engeström, 1999; 2016). Ao negociar o objeto frente às contradições pode-se encontrar um motivo comum, um objeto comum, que compartilhado entre as IEB e IES podem gerar contradições

com potencial para se transformarem em uma visão colaborativa e um esforço deliberado de mudança coletiva.

Neste processo, o(a) licenciando(a) constrói sua autonomia na medida em que confere, imprime, traduz e transforma o objeto da atividade de estudo, a produção autoral do PEC, que está implicado ao conhecimento dessa cultura, para as finalidades da atividade profissional de ensinar com sentido seu próprio.

Na etapa *exame do modelo*, o PEC é esmiuçado para compreender sua dinâmica, potenciais e limitações. Essa fase pode ser realizada na atividade de estudo em que o modelo é compartilhado com os colegas de curso e o(a)s professor(a)s do curso de licenciatura. Se houver parceria e conexão entre a IEB e a IES também poderá ser realizada como parte da atividade de aprendizagem profissional, no ECS, como um momento de formação, com reflexões, discussões e o exercício de prática curricular coletiva.

A atividade de aprendizagem profissional tem como ponto culminante a aplicação do PEC, instrumento mediador desta atividade, que representa a *implementação do modelo*. Apesar de mudar de papel social no espaço escolar, pois ele ainda está em posição de aprendiz, o(a) licenciando(a) eleger um conjunto de ações que lhe permitirá atingir o objetivo que idealizou. A teoria guiará seus movimentos e lhe dará a possibilidade de avaliar o resultado de suas ações, imbuída na atividade de estudo. O comprometimento com o processo de

autonomia se dá na imersão em um contexto de multivocalidade e de relações que ocorrem simultaneamente nesta etapa.

No momento de *reflexão*, como docentes em formação, é indispensável aceitar a irreducibilidade das diferentes posições, em direção à uma autonomia consciente da parcialidade e de si mesmo, para ampliar a compreensão e tentativa de relacionar-se com os demais, de diferentes maneiras e de outras parcialidades.

Assim, a etapa de *consolidação* caracteriza-se como uma tomada de decisão e de apropriação da docência, também coletiva, em que o PEC poderia implicar o planejamento da ação cotidiana e da prática educativa, transformando em um novo instrumento de ensino e aprendizagem, de desejos

e intenções e de ressignificação das práticas, fazendo com que a escola e seus sujeitos avancem em direção a uma autonomia construída.

Diane Mota Mello Freire (dianefreire@ifsp.edu.br) é licenciada e mestre em Pedagogia, ambos pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. É doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora EBT no Instituto Federal de São Paulo (IFSP), onde atua no curso de Licenciatura em Letras no campus Pirituba. **Marcelo Giordan** (giordan@usp.br) é bacharel e mestre em Química, doutor em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é livre docente em Educação e professor titular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), onde coordena o Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas (LAPEQ).

Referências

ASBAHR, F. S. F. Sentido pessoal, significado social e atividade de estudo: uma revisão teórica. *Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional*, v. 18, n. 2, p. 265-272, 2014.

ARAÚJO, E. S. e MORAES, S. P. G. Dos princípios da pesquisa em educação como atividade. In: MOURA, M. O. (org.) *Educação escolar e pesquisa na teoria histórico-cultural*. São Paulo: Edições Loyola, 2017.

BARROSO, J. O estudo da autonomia da escola: da autonomia decretada à autonomia construída. In: BARROSO, J. *O estudo da escola*. Porto: Porto Ed., 1996.

BORGES DA SILVEIRA, J. P. e ANDRETTA, P. I. S. As formas de resistência à censura aos livros na atualidade. *Encontros Bibli*, v. 28, n. especial, p. 1-29, 2023.

BRASIL. Resolução 2, de 1º de julho de 2015. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para Formação Inicial e Continuada de Professores da Educação Básica. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=136731-rcp002-15-1&category_slug=dezembro-2019-pdf&Itemid=301, 202692, acesso em out. 2025.

BRASIL. Resolução 2, de 20 de dezembro de 2019. Diretrizes curriculares nacionais para a formação inicial de professores para a educação básica e a base nacional comum para a formação inicial de professores da educação básica. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file>, acesso em out. 2025.

BRASIL. Resolução CNE/CP nº 4, de 29 de maio de 2024 - Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior de Profissionais do Magistério da Educação Escolar Básica. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/filehttps://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=258171-rcp004-24&category_slug=junho-2024&Itemid=301, 202692, acesso em out. 2025.

CONTRERAS, J. *Autonomia de professores*. Trad. Sandra Trabucco Valenzuela. 2a ed. São Paulo: Cortez, 2012.

DAFERMOS, M. Developing a dialectical understanding of the crisis in cultural-historical and activity research. 6th Congress of the International Society for Cultural-Historical Activity Research, 2020. *Anais* [...]. Disponível em: <https://iscar2020ufm.com.br/>, acesso em ago. 2020.

DIAS, M. S. e SOUZA, N. M.M. A atividade de formação do professor na licenciatura e na docência. In: MOURA, M. O. (org.) *Educação escolar e pesquisa na teoria histórico-cultural*. São Paulo: Edições Loyola, 2017.

ENGESTRÖM, Y. *Aprendizagem expansiva*. Trad. Fernanda Liberali. Campinas: Pontes Editora, 2016.

ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, v. 14, n. 1, p. 133-156, 2001.

ENGESTRÖM, Y. Innovative learning in work teams: Analyzing cycles of knowledge creation in practice. In: ENGESTRÖM, Y.; MIETTINEN, R.; PUNAMAKI, R. L. *Perspectives on activity theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

ENGESTRÖM, Y. e SANNINO, A. Estudos de aprendizagem expansiva: fundamentos, descobertas e futuros desafios. In: ENGESTRÖM, Y. *Aprendizagem expansiva*. Trad. Fernanda Liberali. Campinas: Pontes Editora, 2016.

FREIRE, D. M. M. *O desenvolvimento da autonomia na Licenciatura em Química e as relações com a prática curricular durante a pandemia de Covid-19*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2024.

GIROUX, H. A. *Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem*. Trad. Daniel Bueno. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO (IFSP). Projeto pedagógico do curso licenciatura em química – campus Capivari. 2018. Disponível em: <https://drive.ifsp.edu.br/s/rTDPmAoOYtztEJg?dir=/&editing=false&openfile=true>, acesso em fev. 2020.

KOSMINSKY, L. e GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre o cientista entre estudantes do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 15, p. 11-18, 2002.

LEONTIEV, A. N. *Atividade. Consciência. Personalidade*. Trad. Priscila Marques. Bauru: Mireveja, 2021.

LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 16ª ed. São Paulo: Ícone, 2017.

LOPES, A. C. e MACEDO, E. *Teorias de currículo*. São Paulo: Cortez, 2011.

MARX, K. *O capital: crítica de economia política. Livro I: O processo de produção do capital*. Trad. Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, 2013.

MOURA, M. O.; ARAÚJO, E.S.; SOUZA, F. D.; PANOSSIAN,

M. L. e MORETTI, V. D. A atividade orientadora de ensino como unidade entre ensino e aprendizagem. In: MOURA, M. O. (org.). *A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural*. 2ª ed. Campinas: Autores Associados, 2016.

SACRISTÁN, G. J. Consciência e ação sobre a prática como libertação profissional dos professores. In: NÓVOA, A. (org.). *Profissão professor*. Portugal: Porto Editora, 1999.

SMOLKA, A. Vigotsky no século XXI: contribuições, inspirações, provocações. In: MASCIA, M., ANJOS, D., SMOLKA, A., (orgs.). *Leituras de Vigotsky: repercussões na atividade docente*. Campinas: Mercado de Letras, 2017.

STETSENKO, A. Theory for and as Social Practice of Realizing the Future: Implications from a Transformative Activist Stance. In: MARTIN, J.; SUGARMAN, J.; SLANEY, K. L. *The Wiley Handbook of Theoretical and Philosophical Psychology: Methods, Approaches, and New Directions for Social Sciences*. John Wiley & Sons, 2015.

UOL. Bolsonaro publica vídeo de aluna que gravou professora; o que diz a lei? Disponível em: <[https://educacao.uol.com.br/noticias/2019/04/29/bolsonaro-publica-video-de-aluna-que-](https://educacao.uol.com.br/noticias/2019/04/29/bolsonaro-publica-video-de-aluna-que-gravou-professora-o-que-diz-a-lei.htm)

[gravou-professora-o-que-diz-a-lei.htm](https://educacao.uol.com.br/noticias/2019/04/29/bolsonaro-publica-video-de-aluna-que-gravou-professora-o-que-diz-a-lei.htm)>, acesso em jun. 2025.

VIGOTSKY, L.S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Trad. José Cipolla Neto, Luis S. M. Barreto, Solange C. Afeche. 7ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKY, L. S. *História do desenvolvimento das funções mentais superiores*. Trad. Solange Castro Afeche. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2021.

VIGOTSKY, L. S. *Psicologia pedagógica*. Trad. do russo e introdução de Paulo Bezerra. 3a ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.

VIGOTSKY, L. S. Soviet psychology: the socialist alteration of man. Tradução Andy Blunden. 1994. Disponível em <https://www.marxists.org/archive/vygotsky/works/1930/socialism.htm>, acesso em: ago. 2021. [Original: Socialisticheskaja peredelka cheloveka. VARNITSO, the Journal of the All-Union Association of Workers in Science and Technics for the Furthering of the Socialist Edification in the USSR, 1930].

Abstract: *The process of developing autonomy in the Chemistry Bachelor's Degree through Science Teaching Projects.* The aim of this article is to analyze the process of developing autonomy by understanding the contradictions and characterizing the transition in the activities' systems of study and professional learning of a chemistry graduate student based on a Science Teaching Project called "Magic Potions: A transdisciplinary proposal between Chemistry and Medieval History", produced and implemented during her initial training in conjunction with the supervised curricular internship. We based our analysis on the Social-Historical-Cultural Activity Theory as a theoretical-methodological framework. As instruments for constructing data, we selected the versions of the Science Teaching Project, the writing of reflective diaries and a semi-structured interview. In terms of results, we have observed that this experience required the mobilization of knowledge in two teaching spaces permeated by contradictions and multivocality towards autonomy based on relationships.

Keywords: activity theory, chemistry teaching education, development of autonomy, internship, chemical education



Modelagem em Foco: articulando experimentação, tecnologia e conceitos de oxirredução no Ensino Médio

Aline Samara Lima de Jesus e Ettore Paredes Antunes

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa qualitativa realizada com estudantes do Ensino Médio em uma escola pública de Manaus/AM, que investigou a influência da modelagem e da experimentação na aprendizagem de oxirredução. A proposta envolveu oito encontros com atividades baseadas no Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) e no uso de microscópios USB. Os dados foram coletados por meio de formulários, folhas de atividades, entrevistas e grupo focal, permitindo a análise dos modelos mentais produzidos pelos estudantes. Os resultados evidenciaram a evolução na representação dos conceitos químicos, com maior articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. A combinação entre modelagem, experimentação e mediação tecnológica favoreceu aprendizagens mais significativas, autorais e contextualizadas, destacando-se como estratégia potente para o ensino de Química.

► ensino fundamentado em modelagem, modelos mentais, ensino de química ◀

Recebido em 11/08/2025; aceito em 13/03/2026

Introdução

O ensino de Química tem enfrentado, ao longo das últimas décadas, o desafio de tornar-se significativo para os estudantes da Educação Básica, especialmente diante da complexidade dos conteúdos abordados e da distância entre a linguagem científica e as vivências cotidianas dos alunos. Esse distanciamento não é apenas conceitual, mas também epistemológico e metodológico, afetando a maneira como os conhecimentos químicos são ensinados, compreendidos e apropriados no espaço escolar. Pesquisadores como Mortimer *et al.* (2000) destacam que dificuldades recorrentes emergem quando os conteúdos são trabalhados de forma descontextualizada e excessivamente abstrata, levando à aprendizagem baseada em memorização mecânica. Dentre os temas que tradicionalmente figuram entre os mais abstratos e de difícil assimilação no Ensino Médio, destaca-se o conteúdo de oxirredução.

Partindo do pressuposto de que os alunos constroem compreensões próprias sobre os fenômenos científicos, ancoradas em suas experiências e visões de mundo, a proposta desenvolvida buscou não apenas transmitir conteúdos, mas promover reformulações conceituais por meio da

problematização e do teste de suas próprias representações. A pergunta norteadora de nossa pesquisa foi: Qual a influência de atividades experimentais de modelagem, mediadas por um microscópio USB, na aprendizagem de oxirredução por estudantes do Ensino Médio?

A coleta de dados envolveu instrumentos diversos, como formulários diagnósticos, folhas de atividades, entrevistas individuais do tipo *teachback* e grupo focal, permitindo uma análise completa e triangulada dos sentidos atribuídos pelos alunos à aprendizagem construída. A utilização de tecnologias acessíveis, como o microscópio USB, foi ressaltada de forma conceitualmente correta: embora esse equipamento não opere em escala submicroscópica, como fazem os microscópios eletrônicos, ele permite observar evidências em nível microscópico, favorecendo a articulação entre observações empíricas e a revisão de modelos expressos (Jesus *et al.*, 2025).

Dessa forma, a investigação teve como objetivo analisar como os estudantes mobilizam, expressam e reelaboram seus modelos ao longo da sequência didática, considerando o papel desempenhado pela experimentação investigativa, pela colaboração entre pares e pela mediação tecnológica na construção conceitual.

Referencial teórico

O ensino de Química exige não apenas a transmissão e memorização de conteúdos, mas o desenvolvimento de estratégias pedagógicas que possibilitem ao estudante compreender os processos de construção do conhecimento científico. Nesse contexto, a utilização da modelagem, associada às atividades experimentais, tem sido amplamente debatida na literatura especializada como elemento-chave para uma aprendizagem com foco no raciocínio mais adequado sobre evidências científicas e na melhor integração com os conhecimentos prévios dos estudantes (Justi, 2015; Gilbert e Justi, 2016; Hodson, 1994).

O entendimento do conteúdo de oxirredução exige a articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, conforme proposto por Johnstone (1991, 1993). Essa articulação demanda do estudante operações cognitivas que extrapolam a memorização, exigindo a capacidade de relacionar fenômenos observáveis, entidades não visíveis e representações simbólicas formais. Assim, requerem estratégias pedagógicas capazes de favorecer processos de explicação causal e visualização. Nesse sentido, Moreira (2011) reforça que a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos se integram de forma não arbitrária às concepções prévias dos estudantes, o que raramente ocorre quando o ensino se restringe a definições formais e exercícios algorítmicos e evidencia a necessidade de abordagens que facilitem a transição entre os três níveis referidos por Johnstone (1991, 1993).

Diversas pesquisas em ensino de Ciências têm apontado a necessidade de integrar novas estratégias didáticas que favoreçam a construção ativa do conhecimento por parte dos alunos, valorizando seus saberes prévios, suas linguagens e experiências culturais. Nesse sentido, o Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) tem se consolidado como uma abordagem promissora, especialmente no ensino de Química, por permitir aos estudantes representar, explicar e testar fenômenos a partir da criação e reformulação de modelos, articulando diferentes níveis de representação (Justi, 2015).

É importante destacar, conforme Gilbert e Justi (2016), que as etapas de criação, expressão, teste e avaliação correspondem ao processo científico de modelagem praticado por cientistas; desse modo, no contexto escolar, tais práticas funcionam como referência para organizar atividades didáticas análogas, e não como um modelo didático prescritivo. Essa perspectiva amplia as possibilidades de aprendizagem ao colocar o estudante como agente ativo na construção de explicações, favorecendo mecanismos de visualização, argumentação e revisão conceitual ao longo do ensino.

[...] a utilização da modelagem, associada às atividades experimentais, tem sido amplamente debatida na literatura especializada como elemento-chave para uma aprendizagem com foco no raciocínio mais adequado sobre evidências científicas e na melhor integração com os conhecimentos prévios dos estudantes (Justi, 2015; Gilbert e Justi, 2016; Hodson, 1994).

O conceito de modelos mentais, por sua vez, é central para compreender a modelagem e como os estudantes constroem e reorganizam suas ideias sobre os fenômenos científicos. Johnson-Laird (1983) define modelos mentais como estruturas cognitivas internas, baseadas em experiências anteriores, utilizadas para simular mentalmente eventos e fenômenos. Complementando essa perspectiva cognitivista, Bodner e Domin (2000) destacam que tais modelos orientam o raciocínio químico, influenciando a forma como os alunos interpretam e explicam fenômenos relacionados à Química.

No entanto, esses modelos não podem ser acessados diretamente: o que se torna visível no processo educativo são suas externalizações, os chamados modelos

expressos – manifestados em falas, desenhos, diagramas, esquemas ou construções materiais (Seel, 2003; Bicalho *et al.*, 2022). Essa distinção entre o que é interno (mental) e o que é externalizado (expresso) é fundamental para compreender os limites e as potencialidades das representações produzidas pelos estudantes durante atividades de modelagem.

Halloun (1996) destaca que, no processo educativo, esses modelos nem sempre coincidem com os modelos científicos e, por isso, devem ser objeto de investigação e intervenção pedagógica. Nersessian (1992) acrescenta que a construção e reformulação de modelos é parte constitutiva do raciocínio científico, e sua apropriação pelo estudante promove o desenvolvimento de habilidades de investigação, argumentação e validação conceitual. Nesse sentido, torna-se essencial reconhecer que a reconstrução conceitual ocorre justamente quando os estudantes externalizam seus modelos e os submetem à análise coletiva, pois é no plano social que se observam os modelos expressos (Seel, 2003; Bicalho *et al.*, 2022). Assim, a modelagem escolar favorece não apenas a aprendizagem de conceitos, mas também a compreensão sobre como o conhecimento científico é elaborado e validado.

No contexto da aprendizagem escolar, os modelos mentais revelam as concepções espontâneas que os alunos possuem sobre os conteúdos e podem funcionar como obstáculos ou pontos de partida para a construção do conhecimento formal. Vosniadou (2002) defende que a mudança conceitual é um processo gradual, mediado por conflitos cognitivos e reorganizações internas que ocorrem à medida que o estudante é confrontado com informações inconsistentes com seu modelo inicial. Nesse mesmo sentido, Moreira (2011) ressalta que a aprendizagem significativa envolve a transformação dessas concepções prévias em estruturas cognitivas mais elaboradas, desde que o novo conhecimento encontre ancoragem em ideias já existentes. Essa compreensão reforça a importância de estratégias que permitam ao professor identificar e trabalhar com os modelos iniciais dos estudantes, favorecendo sua reestruturação progressiva.

A modelagem, portanto, deve ser pensada como uma estratégia didática que possibilita não apenas a expressão dos modelos mentais, mas sua problematização, reelaboração e aproximação progressiva do modelo científico. Associado a isso, temos a experimentação, que, quando concebida como uma atividade com características investigativas, constitui outro eixo importante para o ensino de Química. Hodson (1994) critica o uso tradicional da experimentação como mera ilustração de teorias já consolidadas, defendendo que ela deve promover o pensamento crítico e a autonomia intelectual do estudante. Assim, reforça-se a ideia de que modelagem e experimentação são complementares: enquanto a modelagem favorece a construção e revisão de explicações, a experimentação investigativa fornece evidências empíricas para testar e validar os modelos produzidos pelos estudantes.

Giordan (1999) argumenta que a experimentação deve permitir ao aluno observar, questionar, formular hipóteses e testar explicações, integrando teoria e prática de forma significativa. Nesse contexto, incluiu-se a discussão sobre o potencial pedagógico do microscópio USB, uma vez que esse recurso amplia o campo observacional e possibilita identificar detalhes microscópicos relevantes que, embora não correspondam à escala submicroscópica, servem como evidências empíricas importantes para apoiar a revisão de modelos (Jesus *et al.*, 2025). Assim, ao favorecer a visualização de fenômenos não perceptíveis a olho nu, o uso da microscopia digital contribui para uma abordagem mais investigativa e contextualizada da experimentação no ensino de Química.

Ao realizar atividades que envolvam as características mencionadas, é essencial construir um planejamento que esteja voltado para a construção de uma aprendizagem significativa e contextualizada. Maia e Justi (2009) defendem que o conhecimento de Ciências deve corresponder às demandas da atualidade, superando o caráter meramente transmissivo e favorecendo processos de investigação e construção ativa do conhecimento.

De acordo com Souza (2021), trata-se de uma abordagem que articula os conteúdos científicos às realidades socioculturais dos estudantes, permitindo que fenômenos abstratos sejam interpretados à luz de vivências locais, experiências pessoais e problemas concretos. Destaca-se a importância de integrar modelagem, experimentação e mediação tecnológica de maneira situada, conectada ao contexto da escola amazônica em que a pesquisa foi desenvolvida.

Moreira (2011) complementa essa ideia ao afirmar que o professor deve identificar as concepções iniciais dos estudantes e utilizá-las para planejar intervenções pedagógicas que favoreçam a reconstrução do conhecimento. No caso da modelagem, os modelos mentais iniciais são tratados não

como erros a serem corrigidos, mas como formas legítimas de representar a realidade, passíveis de transformação por meio do confronto com novas evidências e discussões mediadas. Trata-se de postura epistemológica central ao EFM, que valoriza os modelos iniciais como ponto de partida para ciclos sucessivos de criação, teste e reformulação, aproximando progressivamente as representações dos estudantes do modelo científico (Justi, 2015; Gilbert e Justi, 2016).

Dessa forma, os fundamentos teóricos que sustentam esta pesquisa se articulam em torno da modelagem como estratégia didática, dos modelos mentais como expressão do pensamento dos estudantes, da experimentação como prática investigativa e da valorização dos conhecimentos prévios como ponto de partida para a aprendizagem. A modelagem favorece a externalização e a problematização de ideias; os modelos expressos permitem inferir transformações conceituais; a experimentação investigativa fornece evidências empíricas para validar ou refutar representações; e a mediação tecnológica, como o uso do microscópio USB, amplia o acesso a fenômenos microscópicos relevantes. Assim, esses elementos compõem o núcleo teórico que orienta todo o percurso metodológico e a análise dos resultados desta investigação.

Percorso metodológico

A presente pesquisa, de natureza qualitativa, foi conduzida sob a perspectiva interpretativa, com o objetivo de compreender os sentidos construídos pelos estudantes diante de uma proposta pedagógica baseada no Ensino Fundamentado em Modelagem, associado à experimentação no ensino de oxirredução. Segundo Bogdan e Biklen (1994), a abordagem qualitativa é especialmente adequada quando se busca interpretar significados atribuídos pelos sujeitos a

determinadas experiências, fenômenos ou contextos educacionais. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o CAAE nº 46260621.0.0000.5020.

O campo empírico foi uma escola pública estadual da cidade de Manaus, no estado do Amazonas. Os 40 estudantes foram organizados em seis grupos heterogêneos, definidos a partir do desempenho escolar, participação nas aulas e

equilíbrio entre gêneros, buscando favorecer a colaboração entre diferentes perfis de estudantes. O projeto de intervenção foi organizado com os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza, especialmente Química, em articulação com o plano de ensino vigente.

A proposta pedagógica foi desenvolvida ao longo de oito encontros, com duração média de duas horas cada, realizados no contraturno escolar no espaço *maker* da escola. A sequência foi estruturada conforme os princípios do Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM), e envolveu

O campo empírico foi uma escola pública estadual da cidade de Manaus, no estado do Amazonas. Os 40 estudantes foram organizados em seis grupos heterogêneos, definidos a partir do desempenho escolar, participação nas aulas e equilíbrio entre gêneros, buscando favorecer a colaboração entre diferentes perfis de estudantes.

diferentes práticas experimentais articuladas à construção e reformulação de modelos mentais sobre oxirredução.

As atividades experimentais realizadas nesta pesquisa foram desenvolvidas com o uso de materiais de baixo custo e fácil acesso, com o objetivo de viabilizar a replicação em ambientes escolares com infraestrutura limitada. Entre os principais materiais utilizados destacam-se frutas como limão e maçã, metais como ferro e cobre, fios condutores, lâmpadas LED, placas metálicas, soluções ácidas, recipientes plásticos e equipamentos de proteção individual. A seleção desses materiais buscou não apenas garantir segurança e viabilidade prática, mas também favorecer a criação de um ambiente investigativo coerente com os princípios de experimentação defendidos por Hodson (1994) e Giordan (1999), estimulando a exploração ativa dos fenômenos químicos.

Além dos materiais utilizados nas atividades experimentais, foram disponibilizados aos estudantes diversos recursos para a expressão dos seus modelos mentais. Esses materiais incluíam papel A4, cartolinas coloridas, canetas hidrográficas, lápis de cor, massa de modelar, tesoura e cola. A escolha desses recursos visou estimular a criatividade e favorecer múltiplas formas de representação, possibilitando que os estudantes expressassem suas compreensões de maneira visual e simbólica. Esses recursos funcionaram como mediadores da externalização dos modelos expressos, permitindo registrar e analisar as representações construídas pelos estudantes ao longo das atividades (Seel, 2003; Bicalho *et al.*, 2022). Essa estratégia buscou, conforme orienta Justi (2015), ampliar as possibilidades expressivas e cognitivas envolvidas na elaboração de modelos, promovendo o desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação científica e à visualização de conceitos abstratos.

Dentre os recursos didáticos empregados, destacou-se o microscópio USB, que desempenhou um papel central nas observações realizadas durante as atividades experimentais. Trata-se de um equipamento de baixo custo, com capacidade de ampliação de até 1000 vezes, conectado a dispositivos eletrônicos como computadores ou celulares, permitindo a captura e projeção de imagens em tempo real. Apesar disso, o equipamento possibilitou a visualização de detalhes microscópicos relevantes como alterações superficiais, formação e desprendimento de bolhas e padrões de corrosão, ampliando a percepção dos fenômenos pelos estudantes e oferecendo evidências empíricas que contribuíram para reformulação de seus modelos expressos.

A escolha pelo microscópio USB como instrumento de mediação didática associado ao EFM potencializou a percepção de processos invisíveis a olho nu, ampliando as possibilidades de elaboração e revisão dos modelos mentais expressos pelos participantes. No contexto das atividades, os estudantes baixaram um programa que permitiu conectar o microscópio aos próprios celulares, atribuindo autonomia para ampliação e observação das superfícies. As imagens assim obtidas foram utilizadas como evidências empíricas para apoiar discussões investigativas, permitindo que os

estudantes comparassem observações microscópicas com suas interpretações iniciais e revisassem seus modelos ao longo dos encontros.

As capturas de imagens feitas com o microscópio USB evidenciam detalhes estruturais da superfície metálica, formação e desprendimento de bolhas gasosas e processos de corrosão, aspectos que, mesmo não sendo propriamente submicroscópicos no rigor do termo, representam um avanço significativo na percepção dos fenômenos químicos para alunos que, até então, estavam acostumados apenas a observações macroscópicas. Esse recurso visual ampliado auxiliou na articulação entre o nível microscópico e as explicações teóricas discutidas em sala, oferecendo evidências empíricas que os estudantes utilizaram para revisar, comparar e justificar seus modelos expressos ao longo da sequência didática. Dessa forma, o microscópio USB funcionou como mediador tecnológico que favoreceu a problematização, a análise e a reformulação das representações construídas pelos participantes.

Dessa forma, consolidado o contexto metodológico e os instrumentos da pesquisa, apresenta-se a seguir os objetivos e procedimentos realizados ao longo dos encontros experimentais, destacando as estratégias empregadas para potencializar o processo de ensino e aprendizagem. Para tornar a descrição mais clara e alinhada às exigências metodológicas, os objetivos, atividades, instrumentos de coleta e evidências geradas em cada encontro foram organizados em um quadro-síntese que permite uma visão integrada do percurso desenvolvido (Quadro 1). Além disso, essa sistematização auxilia na compreensão da progressão conceitual ao longo da sequência didática, evidenciando como modelagem, experimentação e mediação tecnológica foram articuladas para favorecer a elaboração e reformulação dos modelos expressos pelos estudantes.

Conforme sintetizado no Quadro 1, a sequência didática foi organizada em oito encontros, cada um com objetivos específicos, atividades investigativas e instrumentos de coleta articulados ao Ensino Fundamentado em Modelagem. A seguir, apresentam-se as descrições detalhadas de cada encontro, destacando o desenvolvimento das atividades, as interações dos estudantes e as evidências geradas ao longo do processo.

Encontro 0 – Apresentação e diagnóstico inicial: este encontro teve como finalidade ambientar os estudantes à proposta da pesquisa, explicar os objetivos do estudo e organizar a turma em seis grupos heterogêneos. Aplicou-se um formulário diagnóstico para identificar concepções prévias sobre oxirredução e sobre o conceito de modelo científico. Esse levantamento inicial orientou o planejamento dos encontros subsequentes e permitiu mapear as ideias iniciais dos participantes, que constituíram o ponto de partida para o processo de modelagem.

Encontro 1 – “Conhecendo a modelagem”: o primeiro encontro investigativo introduziu os estudantes aos conceitos de modelo e modelagem científica. A partir da observação de objetos oxidados — como pregos, moedas e palha de

Quadro 1: Síntese dos objetivos, atividades, instrumentos de coleta e evidências produzidas ao longo dos encontros da sequência didática baseada no Ensino Fundamentado em Modelagem

Encontro	Objetivo do encontro	Atividades desenvolvidas	Instrumentos de coleta	Evidências geradas	Relação com o EFM
0 - Apresentação e diagnóstico	Levantar concepções prévias sobre oxirredução e modelos.	Apresentação da pesquisa; formação dos grupos; aplicação de formulário diagnóstico.	Formulário diagnóstico (online/impresso).	Ideias iniciais, concepções espontâneas e vocabulário utilizado pelos estudantes.	Criação dos modelos iniciais
1 - “Conhecendo a modelagem”	Introduzir o conceito de modelo e modelagem científica.	Observação de objetos oxidados com microscópio USB; produção de modelos expressos (desenhos/maquetes).	Folhas de atividade; registros fotográficos.	Primeiras representações visuais dos estudantes; externalizações dos modelos iniciais.	Expressão de modelos
2 - “A pilha de limão”	Relacionar oxirredução com produção de energia elétrica.	Montagem de pilhas de limão; observação espontânea com microscópio USB; discussão coletiva.	Folhas de atividade; fotos; anotações de campo.	Representações do fluxo de cargas e funcionamento da pilha; registros de raciocínio causal.	Criação e expressão
3 - “Como evitar a oxidação do ferro?”	Compreender corrosão como processo de oxirredução.	Exposição de placas metálicas a diferentes condições; uso obrigatório do microscópio USB.	Folhas de atividade; imagens ampliadas; anotações.	Comparação entre superfícies corroídas; explicações sobre proteção e ataque químico.	Teste e reformulação
4 - “Por que as frutas escurecem?”	Relacionar oxirredução a processos do cotidiano (alimentos).	Tratamento de frutas com antioxidantes; observação ampliada com microscópio USB; debates.	Folhas de atividade; fotos; pequenas narrativas dos grupos.	Explicações sobre ação antioxidante; ampliação do modelo anterior para novo contexto.	Reformulação de modelos
5 - “Combustão e oxirredução”	Compreender combustão como reação de oxidação.	Queima de palha de aço; observação das alterações superficiais; discussão do NOx.	Folhas de atividade; imagens; mapa conceitual.	Representações envolvendo elétrons e variação de massa; integração dos níveis representacionais.	Avaliação dos modelos
6 - Grupo focal	Analisar percepções dos estudantes sobre a experiência pedagógica.	Discussão orientada com representantes dos grupos.	Roteiro de grupo focal; gravação em áudio.	Significados atribuídos às atividades; avaliação da proposta do ponto de vista dos alunos.	Meta-avaliação do processo
7 - Entrevistas individuais (teachback)	Identificar reformulações conceituais individuais.	Entrevistas reflexivas; explicação oral livre sobre oxirredução.	Roteiro semi-estruturado; gravação em áudio.	Explicações espontâneas; indicadores de aprendizagem significativa e reorganização conceitual.	Avaliação final dos modelos mentais

aço — com o auxílio do microscópio USB, os alunos foram convidados a expressar suas ideias iniciais por meio de desenhos, esquemas e maquetes. Esse momento marcou a

expressão dos modelos iniciais, etapa central do EFM, estimulando a visualização, explicitação e discussão coletiva das representações produzidas.

Encontro 2 – “Se a vida te der um limão, faça uma... pilha eletroquímica!”: neste encontro, a montagem de pilhas de limão permitiu relacionar conceitos de oxirredução à produção de energia elétrica. Os estudantes utilizaram cobre e zinco como eletrodos e observaram o funcionamento do circuito, articulando fenômenos macroscópicos e explicações teóricas. Embora facultativo, o uso do microscópio USB contribuiu para observar alterações superficiais nos metais. As representações produzidas pelos grupos evidenciaram reformulações iniciais em relação aos modelos expressos no encontro anterior.

Encontro 3 – “Como evitar a oxidação do ferro?”: neste momento, os estudantes investigaram condições que favorecem ou inibem a corrosão do ferro, articulando o conteúdo ao contexto regional de embarcações amazônicas. O uso obrigatório do microscópio USB permitiu observar em tempo real a formação de bolhas e alterações na superfície metálica, ampliando o nível de evidência disponível. As explicações geradas pelos participantes revelaram maior compreensão sobre mecanismos de ataque químico e proteção do metal, caracterizando um avanço na coerência representacional dos modelos.

Encontro 4 – “Por que as frutas escurecem?”: este encontro ampliou a aplicação dos conceitos de oxirredução para fenômenos cotidianos, como o escurecimento enzimático de frutas. A observação das amostras com o microscópio USB possibilitou identificar modificações superficiais ao longo do tempo. Os estudantes compararam tratamentos com limão e vitamina C, produzindo modelos expressos que relacionavam a ação antioxidante à prevenção do escurecimento. Houve avanço na capacidade de transferir conceitos para novos contextos e na justificação do papel dos agentes redutores.

Encontro 5 – “Qual a relação entre combustão e oxirredução?”: a combustão da palha de aço serviu como ponto de partida para discutir processos de oxidação em alta temperatura. O microscópio USB evidenciou a formação de resíduos e alterações estruturais após a queima. Os estudantes relacionaram a variação de massa à transferência de elétrons e demonstraram maior integração entre os níveis macroscópico, simbólico e microscópico, apresentando modelos mais completos e articulados.

Encontro 6 – Grupo focal: participaram deste momento representantes dos seis grupos. O objetivo foi compreender os sentidos atribuídos à sequência didática, às atividades experimentais, ao uso do microscópio e ao processo de modelagem. O diálogo coletivo possibilitou captar percepções sobre a aprendizagem construída e identificar elementos que favoreceram ou dificultaram o desenvolvimento das explicações.

Encontro 7 – Entrevistas individuais (*teachback*): no último encontro, foram realizadas entrevistas individuais do tipo

teachback, nas quais os estudantes explicaram os conteúdos utilizando suas próprias palavras, modelos e justificativas. Esse instrumento permitiu acessar reformulações conceituais em nível individual, avaliar a evolução dos modelos expressos e compreender como cada estudante articulou evidências, representações e explicações ao final da sequência.

Resultados e discussões

A análise dos dados expressos pelos estudantes revelou mudanças graduais na qualidade representacional dos modelos produzidos ao longo dos cinco encontros experimentais. Essas mudanças foram identificadas a partir dos critérios de coerência, completude e nível representacional definidos por Jesus (2025), aplicados à avaliação dos modelos expressos. Observou-se, por exemplo, que muitos estudantes passaram de representações exclusivamente macroscópicas para

modelos que incluíam elementos submicroscópicos (como transferência de elétrons) e simbólicos (como indicação de NO_x), indicando avanço no entendimento das reações de oxirredução. Essa evolução não é interpretada como “efetividade” em sentido amplo, mas como indício de progressão conceitual sustentado pelas evidências coletadas, em consonância com a perspectiva de Justi e Gilbert (2002a), segundo a qual a modelagem constitui um processo dinâmico de construção e reelaboração orientado pela interação entre fenômenos, explicações e novas informações.

No contexto desta pesquisa, a integração entre modelagem e experimentação contribuiu para ampliar as formas de representação utilizadas pelos estudantes. As imagens obtidas pelo microscópio USB evidenciaram alterações microscópicas nas superfícies metálicas, como formação de bolhas, rugosidades e pontos de corrosão que foram incorporadas pelos estudantes em seus modelos expressos, permitindo maior aproximação entre o fenômeno observado e sua explicação teórica. Essas observações favoreceram a articulação entre os níveis macroscópico e microscópico, já que muitos grupos passaram a representar processos invisíveis a olho nu, como oxidação localizada e desprendimento de material metálico, aspecto previsto por Johnstone (1991) e Justi (2006) como central na aprendizagem de conceitos químicos. Assim, o microscópio funcionou como um mediador tecnológico que gerou evidências empíricas utilizadas pelos estudantes para revisar e justificar seus modelos ao longo da sequência.

Esses resultados também indicam que, ao longo da sequência, os estudantes passaram a integrar de forma mais explícita elementos macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos na construção de seus modelos. Enquanto nos primeiros encontros predominavam descrições visuais do

O uso obrigatório do microscópio USB permitiu observar em tempo real a formação de bolhas e alterações na superfície metálica, ampliando o nível de evidência disponível. As explicações geradas pelos participantes revelaram maior compreensão sobre mecanismos de ataque químico e proteção do metal, caracterizando um avanço na coerência representacional dos modelos.

fenômeno (como mudança de cor ou formação de bolhas), nos últimos modelos expressos observaram-se representações que incluíam transferência de elétrons, indicação de estados de oxidação e identificação de agentes oxidantes e redutores, evidenciando maior capacidade de abstração e explicação causal dos processos químicos envolvidos.

Essa evolução foi evidenciada nos critérios de avaliação aplicados (coerência interna, completude e adequação representacional) que mostraram progressões na articulação entre evidências observadas e explicações teóricas. Tais avanços dialogam com as proposições de Gilbert (2004; 2006), que destacam a importância da consistência lógica e da integração entre diferentes níveis representacionais na elaboração de modelos científicos.

Além disso, a análise conjugada dos diferentes instrumentos de coleta de dados, modelos expressos, entrevistas individuais e grupo focal, evidenciou padrões recorrentes na forma como os estudantes revisaram suas explicações ao longo da sequência didática, o que possibilitou uma compreensão mais abrangente dos seus processos de aprendizagem. A convergência entre as representações produzidas, os relatos orais e as percepções compartilhadas em grupo reforçaram a consistência das interpretações realizadas, em consonância com Marcondes e Brisola (2014), que destacam o potencial da triangulação para fortalecer a validade das inferências ao confrontar e complementar dados obtidos por diferentes técnicas investigativas.

Antes de apresentar a análise detalhada das produções dos estudantes, é importante destacar que os dados aqui discutidos se referem aos registros realizados nos encontros práticos de 1 a 5, nos quais os participantes expressaram seus modelos mentais sobre as reações de oxirredução por meio de atividades baseadas no EFM. Esses modelos expressos foram avaliados segundo os critérios propostos por Jesus (2025), organizados em quatro níveis de adequação: inadequado (1), parcialmente inadequado (2), parcialmente adequado (3) e adequado (4), o que permitiu acompanhar a progressão da coerência e da complexidade representacional ao longo da sequência didática.

No primeiro encontro, o modelo expresso pelo grupo 1 destacou-se como um exemplo de tentativa inicial de representação científica associada a um fenômeno cotidiano. O modelo, representado por duas moedas (uma nova e outra oxidada após anos de exposição ao oxigênio), revela a familiaridade dos estudantes com processos naturais de oxidação, ainda que essa compreensão se mantenha predominantemente ancorada no nível macroscópico de descrição, sem explicitação de aspectos submicroscópicos ou simbólicos do fenômeno. Essa representação está ilustrada na Figura 1.

A Figura 1 representa duas moedas lado a lado, a primeira com aspecto brilhante e a segunda escurecida, simbolizando o resultado da oxidação ao longo do tempo. O estudante utilizou setas para indicar a exposição ao oxigênio e uma linha ondulada para a passagem do tempo, porém não inseriu explicações químicas em nível submicroscópico ou simbólico, como equações ou diagramas de transferência eletrônica.

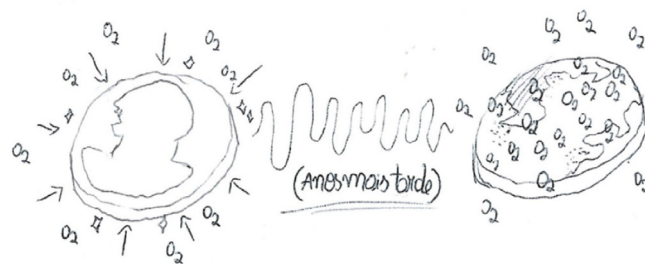


Figura 1: Modelo selecionado pelo grupo 1 no encontro 1.

O modelo foi considerado mais adequado na dimensão macroscópica, especialmente pela clareza visual e pertinência do exemplo cotidiano, mas, na avaliação geral segundo os critérios de Jesus (2025), enquadrou-se como parcialmente adequado, uma vez que sua coerência se restringe ao nível macroscópico e não contempla de forma explícita o nível submicroscópico. O estudante indicou a participação do oxigênio, mas não representou a transferência de elétrons nem a formação de íons metálicos, aspectos fundamentais para compreender o processo de oxirredução em uma perspectiva integrada (Johnstone, 1991; Justi, 2006).

No grupo focal, a estudante identificada como A22G4 enfatizou: “Com as experiências que a gente fez aqui, deu para entender direito como que funciona a formação de um modelo”, indicando que o processo de modelagem, articulado à experimentação, foi fundamental para a ampliação de sua compreensão. Esse depoimento reforça a percepção de que as atividades não apenas favoreceram a construção de explicações sobre oxirredução, mas também contribuíram para que os estudantes compreendessem o próprio processo de elaborar, testar e revisar modelos, aspecto central nas propostas de Ensino Fundamentado em Modelagem.

No segundo encontro, o modelo expresso pelo Grupo 3 destacou-se pela qualidade visual e pela coerência científica na representação do experimento da pilha de limão. A construção incluiu os principais componentes do circuito: limões conectados por cliques metálicos, eletrodos de cobre e zinco e uma lâmpada de LED, indicando a passagem de corrente elétrica no circuito fechado. Essa representação pode ser observada na Figura 2.

A Figura 2 retrata quatro limões alinhados, com fios interligando corretamente os eletrodos metálicos, respeitando a polaridade (positivo e negativo). O fluxo de energia foi ilustrado por linhas coloridas, direcionadas do eletrodo negativo ao positivo, culminando na iluminação do LED, o que evidencia a compreensão de que a diferença de potencial entre os metais gera uma corrente elétrica capaz de acender a lâmpada no circuito fechado.

Este modelo é considerado coerente, pois articula adequadamente o nível macroscópico (montagem da pilha e acendimento do LED) e o nível submicroscópico, sugerindo a ideia de fluxo de cargas por meio das linhas que indicam o percurso da corrente elétrica no circuito. Entretanto, a ausência de uma representação simbólica, como uma equação de oxirredução ou a explicitação dos pares redox envolvidos, limitou sua completude, de modo que, segundo

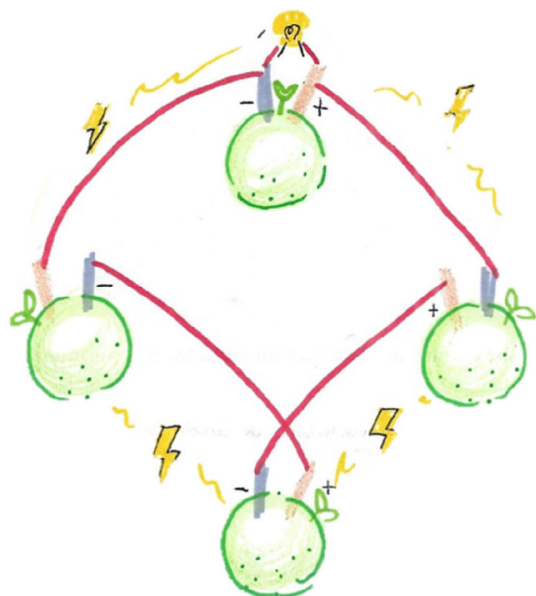


Figura 2: Modelo selecionado pelo Grupo 3 no encontro 2.

os critérios de Jesus (2025), o modelo foi classificado como parcialmente adequado. Ainda assim, o uso das cores para diferenciar os materiais favoreceu a compreensão e a comunicação científica, conforme preconizado por Gilbert (2006).

Na entrevista, o estudante A11G2 comentou: “As apresentações foram o que mais me ajudaram, porque eu podia me expressar sem medo de errar”, evidenciando o papel da modelagem como espaço de expressão, experimentação de ideias e reflexão sobre o próprio pensamento.

No terceiro encontro, a atividade consistiu na observação dos efeitos da corrosão sobre superfícies metálicas, ampliada com o uso do microscópio USB. O modelo selecionado pelo Grupo 4 destacou-se pela tentativa de representar a formação de óxidos sobre a superfície metálica, associando as observações feitas com o microscópio ao fenômeno químico investigado. O modelo está ilustrado na Figura 3.

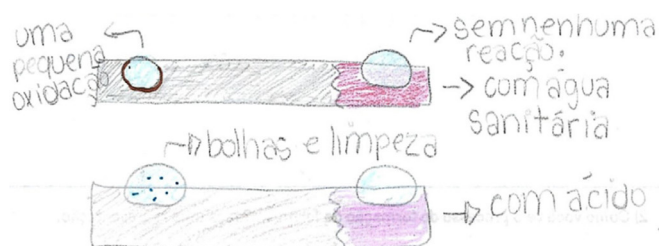


Figura 3: Modelo selecionado pelo Grupo 4 no encontro 3.

A Figura 3 evidencia a representação de uma placa metálica, parcialmente coberta por uma camada de esmalte, e outra parte exposta ao ácido clorídrico. O estudante desenhou bolhas na região exposta, indicando o início da corrosão, e uma superfície íntegra na área protegida, o que demonstra

compreensão sobre o papel da camada protetora na prevenção do contato direto entre o metal e o meio corrosivo. Ao distinguir visualmente as duas regiões da placa, o modelo articula o nível macroscópico da observação (formação de bolhas e desgaste do metal) com uma explicação causal simples sobre a ação do revestimento, configurando um avanço em relação aos modelos que se limitavam apenas à descrição do fenômeno.

Esse modelo foi avaliado como coerente, pois articulou adequadamente o nível macroscópico (alterações visíveis na placa) e o nível submicroscópico, ao sugerir a formação de óxidos na região exposta ao ácido, além de contemplar parcialmente o nível simbólico por meio de setas que indicavam a direção do ataque químico. De acordo com os critérios de Jesus (2025), o modelo foi classificado como parcialmente adequado, uma vez que a ausência de uma equação química representando a reação de oxirredução envolvida limitou a completude da explicação (Justi e Gilbert, 2002b). A fala do estudante A18G3 reforça essa compreensão: “Eu acho que contribuiu muito para quando eu tiver que pensar numa questão mais física assim, sem ter que só imaginar”, sugerindo que a visualização proporcionada pelas atividades e

pelo modelo construído reduziu a dependência de abstrações puramente imaginadas e favoreceu a elaboração de explicações mais ancoradas em evidências observáveis.

No quarto encontro, os estudantes modelaram os efeitos de diferentes antioxidantes sobre a oxidação de frutas. Entre os modelos produzidos, destacou-se

aquele expresso pelo Grupo 6, que apresentou uma comparação entre uma maçã e uma banana, ambas submetidas a tratamentos com e sem antioxidantes, como vitamina C e limão. A representação pode ser visualizada na Figura 4.

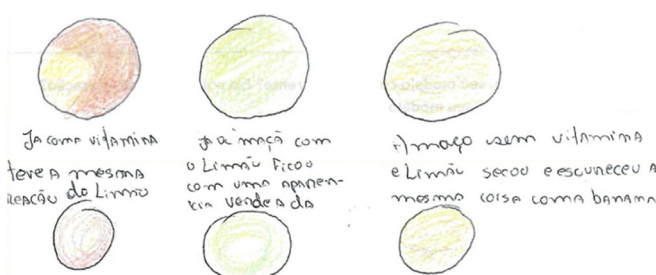


Figura 4: Modelo selecionado pelo Grupo 6 no encontro 4.

A análise da Figura 4 mostra três conjuntos de desenhos comparativos: à direita, as frutas sem qualquer proteção, apresentando escurecimento acentuado; no centro, as frutas tratadas com limão, com coloração mais clara e tonalidade esverdeada; e à esquerda, as frutas tratadas com vitamina C, também com leve alteração de cor. A ausência de setas ou símbolos não comprometeu a interpretação, já que o estudante utilizou a própria variação de coloração entre os

tratamentos como indicador visual do efeito dos antioxidantes, estabelecendo uma comparação direta entre as condições experimentais representadas.

Embora o modelo tenha sido considerado adequado na clareza da comparação macroscópica, ele falhou em integrar os níveis submicroscópico e simbólico. Não houve explicitação, por exemplo, sobre como a vitamina C e o ácido cítrico atuam como agentes redutores, impedindo a oxidação dos compostos fenólicos presentes nas frutas. A ausência desses elementos limitou sua completude e, segundo os critérios de Jesus (2025), o modelo foi classificado como parcialmente adequado. Ainda assim, a metáfora visual utilizada demonstrou um esforço comunicativo, conforme enfatizado por Souza e Justi (2012). O estudante A21G6 expressou: “Eu gostei muito de desenhar as estruturas e como funciona, achei bem interessante”, indicando que a elaboração gráfica favoreceu a expressão das ideias iniciais e contribuiu para o engajamento no processo de modelagem. Esse relato evidencia que a atividade permitiu ao estudante explorar diferentes formas de representação, aspecto central no desenvolvimento de modelos expressos.

No último encontro prático, os estudantes foram convidados a integrar os conceitos de combustão e reações de oxirredução. O modelo expresso pelo Grupo 1 se destacou por representar adequadamente o processo de combustão da palha de aço, indicando tanto a variação de massa após a queima quanto a transferência de elétrons associada à oxidação do ferro. Essa representação está apresentada na Figura 5.

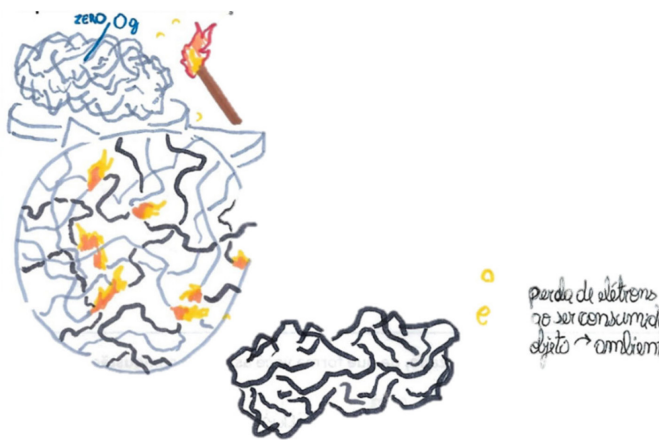


Figura 5: Modelo selecionado pelo Grupo 1 no encontro 5.

O modelo representado na Figura 5 foi considerado coerente porque articula diferentes níveis representacionais do fenômeno. No nível macroscópico, o estudante representou claramente a palha de aço antes e depois da combustão, indicando a variação de massa e a formação de resíduos sólidos. No nível submicroscópico, os pequenos pontos amarelos ao redor do material queimado simbolizam a perda de elétrons pelo ferro durante o processo de oxidação, sugerindo uma compreensão inicial sobre a transferência eletrônica.

Além disso, o rótulo “perda de elétrons” reforça a tentativa de relacionar a combustão à oxirredução, ainda que de forma simplificada. Apesar desses avanços, o modelo não

incluiu uma representação simbólica formal, como equações químicas ou indicação dos estados de oxidação envolvidos, o que, segundo os critérios de Jesus (2025), levou à sua classificação como parcialmente adequado. Ainda assim, a escolha de elementos visuais diferenciados (cores, pontos e rótulos) evidenciou esforço de comunicação científica, em consonância com Justi e Gilbert (2002b). A fala do estudante A29G1 ilustra essa aprendizagem: “Eu usei muito a escrita para tentar organizar, mas o que funcionou mais para mim na elaboração dos modelos foi o desenho mesmo”.

Os resultados desta investigação sugerem que o Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) apresenta potencial para favorecer a aprendizagem de conteúdos complexos, como as reações de oxirredução. A evolução observada nos modelos expressos pelos estudantes, especialmente no avanço da articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico constitui indício de progressão conceitual ao longo da sequência didática, evidenciando que, ao serem instigados a criar, testar e reformular seus modelos, os estudantes desenvolveram competências importantes para a construção de explicações científicas. Essa tendência é coerente com o que defendem Justi (2015) e Gilbert (2004), ao enfatizarem que o envolvimento ativo no processo de modelagem favorece a elaboração, a revisão e a consolidação de entendimentos sobre fenômenos complexos.

A presença sistemática do microscópio USB como recurso mediador mostrou-se importante para que os estudantes iniciassem o processo de transição entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, contribuindo para minimizar a tradicional fragmentação do ensino de Química descrita por Johnstone (1993). As imagens ampliadas de processos como corrosão, escurecimento de frutas e combustão da palha de aço forneceram evidências visuais que os estudantes incorporaram em seus modelos expressos, estimulando a problematização e a reconstrução conceitual. Esse uso da experimentação aliada à mediação tecnológica está em sintonia com Hodson (1994), ao conceber o laboratório como espaço de investigação, no qual os dados observados são mobilizados para elaborar, testar e revisar explicações, e não apenas para ilustrar teorias previamente estabelecidas.

Além disso, a análise conjunta dos modelos expressos, das entrevistas e do grupo focal evidenciou diferentes dimensões da aprendizagem mobilizadas ao longo da sequência didática. A convergência entre essas fontes de dados permitiu identificar não apenas indícios de reorganização conceitual, mas também aspectos relacionados ao engajamento, à expressão das próprias ideias e à reflexão sobre o processo de aprender, elementos frequentemente destacados por Marcondes e Brisola (2014) ao discutirem o potencial da triangulação para ampliar a compreensão dos fenômenos investigados. Essas interpretações foram reforçadas pelas falas dos estudantes, que atribuíram às atividades oportunidades de testar explicações, revisar representações e compartilhar significados construídos coletivamente.

Outro aspecto relevante foi o reconhecimento, por parte de vários estudantes, do caráter processual e investigativo da

modelagem científica, algo frequentemente ausente nas práticas tradicionais de ensino. Esse reconhecimento apareceu nas falas que mencionaram a possibilidade de “experimentar ideias”, “acertar e errar” e “refazer os desenhos”, bem como na sequência de versões dos modelos produzidos ao longo dos encontros, que mostraram sucessivas revisões e acréscimos de elementos explicativos. A percepção de que os modelos são instrumentos em constante reelaboração, e não produtos acabados, foi, assim, inferida tanto dos depoimentos dos participantes quanto dos avanços registrados nos modelos expressos, reafirmando a pertinência da modelagem como estratégia pedagógica, como também destacam Halloun (1996) e Nersessian (1992).

Assim, os resultados desta pesquisa sugerem que a combinação entre modelagem e experimentação, associada a recursos acessíveis como o microscópio USB, pode configurar-se como uma proposta pedagógica potencialmente relevante para o ensino de Química, especialmente em contextos educativos desafiadores. Ao promover a mobilização de saberes prévios, o desenvolvimento de habilidades científicas e a articulação entre diferentes níveis representacionais, essa proposta mostrou indícios de contribuir para uma aprendizagem mais significativa e reflexiva, alinhada às demandas contemporâneas do ensino de Ciências (Souza, 2021; Moreira, 2011).

Considerações finais

Os resultados desta pesquisa sugerem que a proposta pedagógica desenvolvida apresentou potencial para favorecer aprendizagens significativas no ensino de Química, especialmente no estudo das reações de oxirredução. A combinação entre modelagem científica, experimentação com recursos acessíveis e valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes contribuiu para a construção de um ambiente de aprendizagem investigativo, dinâmico e colaborativo. A análise dos modelos expressos ao longo dos encontros apresentou indícios de progressão conceitual, na medida em que os estudantes avançaram de representações iniciais mais descritivas e fragmentadas para explicações progressivamente mais articuladas e coerentes com os referenciais científicos.

A modelagem, tomada como eixo central da proposta, possibilitou que os estudantes expressassem e revisassem suas ideias de maneira criativa e reflexiva, promovendo o desenvolvimento de habilidades de representação, argumentação e abstração. O uso do microscópio USB mostrou-se um importante recurso de mediação, contribuindo para aproximar os estudantes dos níveis submicroscópico e simbólico, ao oferecer evidências visuais sobre fenômenos normalmente imperceptíveis. Essa mediação tecnológica fortaleceu o caráter investigativo das atividades, em sintonia com a perspectiva de Johnstone (1991; 1993; 2004) sobre a importância da transição entre diferentes níveis de pensamento e com o entendimento de Justi (2015) acerca da modelagem como processo de elaboração e reconstrução conceitual.

Os dados qualitativos provenientes das entrevistas e do grupo focal revelaram que os estudantes atribuíram valor à proposta, compreendendo a ciência como um processo ativo de investigação e reelaboração de ideias. A presença de múltiplas linguagens: visual, verbal, simbólica e experimental, ampliou os sentidos atribuídos à aprendizagem e favoreceu o engajamento nas tarefas. Momentos de socialização e discussão coletiva dos modelos produzidos foram frequentemente mencionados como oportunidades significativas de troca, reflexão e reconstrução do conhecimento.

Entre as contribuições desta pesquisa, destaca-se a possibilidade de integrar teoria e prática de forma contextualizada, articulando conteúdos químicos com situações presentes no cotidiano amazônico. A escolha de temas próximos da realidade dos estudantes, como o escurecimento de frutas, a corrosão de embarcações e a geração de energia com limões, permitiu uma abordagem mais situada, favorecendo a construção de vínculos entre o conhecimento escolar e o mundo vivido.

Do ponto de vista metodológico, a análise conjunta dos diferentes instrumentos de coleta (modelos expressos, entrevistas individuais e grupo focal) ampliou a consistência das interpretações, oferecendo uma visão abrangente sobre as dimensões conceituais, afetivas e metacognitivas envolvidas na aprendizagem.

Reconhece-se, no entanto, que o número reduzido de encontros e o recorte temporal limitado não permitiram acompanhar a consolidação das aprendizagens em longo prazo. Além disso, a realização da proposta com apenas uma turma restringe a generalização dos achados. Ainda assim, os dados obtidos oferecem indícios relevantes sobre os benefícios da abordagem adotada, apontando possibilidades de replicação e aperfeiçoamento em diferentes contextos educativos.

Recomenda-se que futuras pesquisas investiguem o impacto de propostas semelhantes em outros conteúdos da Química e em diferentes etapas da escolarização. Sugere-se, também, aprofundar estudos sobre o papel do professor na mediação da modelagem e sobre os desafios enfrentados na implementação de sequências investigativas com uso de tecnologias acessíveis.

Conclui-se, portanto, que a modelagem, quando integrada à experimentação e à valorização dos saberes dos estudantes, constitui uma estratégia promissora para o ensino de Química, favorecendo não apenas a compreensão de conceitos, mas também o desenvolvimento de competências investigativas, argumentativas e reflexivas. O percurso formativo analisado reafirma a importância de propostas que reconheçam os estudantes como sujeitos ativos na construção do conhecimento científico.

Aline Samara Lima de Jesus (aline.jesus@ufam.edu.br) é licenciada em Química e mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus-AM, Brasil. **Ettore Paredes Antunes** (ettore@ufscar.br) é bacharel e doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Atualmente é Professor Adjunto do Departamento de Química da UFSCar e Coordenador do Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química (LENAQ). São Carlos-SP, Brasil.

Referências

- BICALHO, H.; OLIVEIRA, L. e JUSTI, R. Processos de produção de representações vivenciados por estudantes em contextos de ensino fundamentado em modelagem. *Impacto - Revista de Pesquisa em Ensino de Ciências*, n. 1, e65299, 2022.
- BODNER, G. M. e DOMIN, D. S. Mental models: the role of representations in problem solving in chemistry. *University Chemistry Education*, v. 4, n. 1, p. 24-30, 2000.
- BOGDAN, R. C. e BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994.
- GILBERT, J. K. Models and modelling: routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 2, n. 2, p. 115-130, 2004.
- GILBERT, J. K. On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, v. 28, n. 9, p. 957-976, 2006.
- GILBERT, J. K. e JUSTI, R. *Modelling-based teaching in science education*. Basel: Springer, 2016.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, v. 10, p. 43-49, 1999.
- HALLOUN, I. A. Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 33, n. 9, p. 1019-1041, 1996.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- JESUS, A. S. L. *Uso da modelagem como estratégia didática para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de oxirredução sob o olhar microscópico*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2025.
- JESUS, A. S. L.; RIOS, E. C.; KASSEBOEHMER, A. C. e ANTUNES, E. P. Microscópio USB de baixo custo no laboratório didático de eletroquímica: dois experimentos clássicos sob um novo (micro) olhar. *Química Nova*, v. 48, n. 2, p. e-20250073, 2025.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models*. Cambridge (EUA): Harvard University Press, 1983.
- JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 7, p. 75-83, 1991.
- JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.
- JOHNSTONE, A. H. The future shape of chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice*, v. 5, n. 3, p. 229-245, 2004.
- JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.
- JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. especial, p. 31-48, 2015.
- JUSTI, R. e GILBERT, J. K. Science teachers’ knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 12, p. 1273-1292, 2002a.
- JUSTI, R. e GILBERT, J. K. Modelling, teachers’ views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002b.
- MAIA, P. F. e JUSTI, R. Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 5, p. 603-630, 2009.
- MARCONDES, N. A. V. e BRISOLA, E. M. A. Análise por triangulação de métodos: um referencial para pesquisas qualitativas. *Revista Univap*, v. 20, n. 35, p. 201-208, 2014.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 2011.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.
- NERSESSIAN, N. J. How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. *Cognitive Models of Science*, v. 15, p. 3-44, 1992.
- SEEL, N. M. Model-centered learning and instruction. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, v. 1, n. 1, p. 59-85, 2003.
- SOUZA, K. A. *Ensino de ciências na educação básica: o papel e o espaço da Química na BNCC para a educação infantil e os anos iniciais do ensino fundamental*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão (PR), 2021.
- SOUZA, V. e JUSTI, R. Análise de uma proposta didática de modelagem no ensino de ciências: contribuições da Teoria da Aprendizagem Significativa. *Ciência & Educação*, v. 19, n. 2, p. 423-438, 2012.
- VOSNIADOU, S. Mental models in conceptual development. In: MAGNANI, L. e NERSESSIAN, N.J. (Eds.) *Model-Based Reasoning*. Nova York: Springer, 2002. p. 353-368.

Abstract: *Modelling in Focus: articulating experimentation, technology and oxidation-reduction concepts in High School.* This article presents the results of a qualitative study conducted in a public high school in Manaus/AM, Brazil, which investigated the influence of modelling and experimentation on learning redox reactions. The proposal involved eight sessions with activities based on Modelling-Based Teaching (MBT) and the use of USB microscopes. Data were collected through questionnaires, activity sheets, interviews, and focus groups, allowing the analysis of students’ mental models. The results showed improvement in the representation of chemical concepts, with better articulation of the macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels. The combination of modelling, experimentation, and technological mediation promoted more meaningful, contextualized, and student-centered learning, standing out as a powerful strategy for Chemistry education.

Keywords: modelling-based teaching, mental models, chemistry education



Luisa Natalia Parra Sierra, Henrique Cesar Linhares Almeida e Maria das Graças Cleophas

Este artigo apresenta o jogo *Minerais em Kepler* como proposta de didatização lúdica para o ensino de mineralogia no Ensino Médio. A pesquisa envolveu o desenvolvimento do jogo, sua aplicação com estudantes e a análise pedagógica por meio de Teste de Associação Livre de Palavras, questionário semiestruturado e análise FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) com professores. Os resultados indicaram elevado engajamento dos estudantes e avaliação positiva da atividade. Entretanto, evidenciaram conhecimentos prévios limitados sobre mineralogia, predominantemente associados ao cotidiano. A análise FOFA destacou como forças a qualidade conceitual e o potencial interdisciplinar do jogo, enquanto as principais limitações envolveram a complexidade das regras e o tempo necessário para sua aplicação.

► análise FOFA, lúdico, ensino de química, didatização lúdica ◀

Recebido em 04/09/2025; aceito em 30/03/2026

Explorando novos horizontes: a jornada de Kepler na educação química

Com o intuito de despertar maior interesse dos alunos pela ciência Química, muitos professores têm recorrido a diferentes abordagens metodológicas que consideram aspectos emocionais envolvidos no processo de aprendizagem. Dentre essas abordagens, se destaca a Didatização Lúdica, conforme discutido por Cleophas e Soares (2018), que propõem o uso intencional de elementos lúdicos como estratégia didática. Dentro do amplo espectro da ludicidade, os jogos ocupam lugar privilegiado e figuram, historicamente, como uma das formas mais recorrentes de expressão cultural e educacional (Spanos, 2021). Nesse cenário, e respaldados pelas evidências já consolidadas na literatura atual, os jogos têm emergido como foco de interesse crescente nas pesquisas científicas, sobretudo por seu potencial de enriquecer os processos de ensino ao auxiliar os estudantes na revisão e consolidação de diversos conteúdos da Química (Farmer e Schuman, 2016; Tsai *et al.*, 2020; Silva Júnior *et al.*, 2021; Molvinger *et al.*, 2021).

No desdobramento dessa reflexão na busca por estratégias que tornem o ensino de Química mais dinâmico e relevantemente interessante para os alunos, a abordagem

da mineralogia emerge como uma possibilidade potente no campo do lúdico, ainda que pouco explorada nas práticas pedagógicas convencionais. Vale lembrar que a Mineralogia é um ramo das ciências da Terra que se dedica ao estudo dos minerais a partir de suas propriedades físicas e químicas, se configurando como uma área notavelmente interdisciplinar da Geologia, com conexões diretas com a Química, assumindo relevância fundamental para a compreensão dos processos naturais e para o próprio desenvolvimento humano. Apesar de sua importância, esse conteúdo é frequentemente negligenciado nos currículos escolares. Ressaltamos, entretanto, que seu estudo pode ampliar a compreensão dos estudantes sobre o planeta em que vivem, bem como sobre a origem do solo e da humanidade (Spandler, 2016). Assim, quando inserida no ensino básico, essa temática permite explorar diversas facetas do conhecimento químico, oferecendo possibilidades de articulação entre diferentes níveis de complexidade conceitual e favorecendo a integração entre ciência e sociedade, estando, portanto, alinhada às proposições de Sjöström e Talanquer (2014) para o campo da Educação em Química.

À luz do exposto, o presente artigo visa apresentar possíveis benefícios do uso de um jogo educativo formalizado a partir das percepções de diferentes sujeitos envolvidos no processo educativo. Para tal propósito, (i) elaboramos e

aplicamos o jogo intitulado *Minerais em Kepler* no ensino de Química, com o objetivo de promover o desenvolvimento de habilidades criativas de resolução de problemas relacionadas à temática da Mineralogia; (ii) analisamos o potencial pedagógico do jogo com base nas percepções de um grupo composto por dez estudantes da Educação Básica; (iii) identificamos as Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (FOFA) do jogo para a sala de aula a partir da avaliação de três professores de Química da Educação Básica; e, por fim, (iv) integramos a pesquisa empírica aos fundamentos da Didatização Lúdica (Cleophas e Soares, 2018), buscando incentivar processos criativos de ensino e aprendizagem de conceitos químicos vinculados à Mineralogia.

Didatização Lúdica: uma joia no reino educacional

De acordo com Carin (1997), o ensino de ciências deve ter como objetivo central promover mudanças nas percepções, imagens e conceitos dos alunos, ao mesmo tempo em que deve estimular o desenvolvimento de habilidades voltadas à resolução de problemas. Sob tal ótica, quando vista no contexto da educação química, isso implica não apenas encontrar ou criar novas soluções, mas também aplicar regras e estratégias inovadoras para compreender fenômenos (Mayer e Wittrock, 1996). Mukhopadhyay (2013) destaca que o processo de resolução de problemas favorece o pensamento crítico e criativo, conduzindo à construção de novos conhecimentos científicos e à identificação de relações entre variáveis que permitem analisar de forma mais profunda problemas específicos.

Assim, a proposição de problemas se configura como elemento indissociável do ensino, tal como sua resolução se revela essencial ao processo de aprendizagem. Nesse cenário, a Didatização Lúdica (Cleophas e Soares, 2018) se destaca por possibilitar a aprendizagem de conteúdos complexos por meio de experiências marcadas pela ludicidade, criando uma atmosfera positiva que favorece o raciocínio, a curiosidade e a abertura à experimentação. Além disso, Jiménez-Valverde *et al.* (2025) afirmam que, em se tratando da Química, as atividades lúdicas podem contribuir para o desenvolvimento de competências como pensamento crítico e habilidades de resolução de problemas, sendo essenciais para preparar os alunos para enfrentar os desafios do século XXI.

De acordo com Osborne *et al.* (2003), um ensino de ciências de qualidade precisa se conectar ao cotidiano dos alunos para promover um ambiente de entusiasmo, construção de sentidos, participação ativa e fortalecimento de habilidades socioemocionais. É nesse horizonte que a Didatização Lúdica (Cleophas e Soares, 2018) expande as possibilidades de atuação docente ao integrar abordagens pedagógicas centradas no prazer de aprender e no engajamento crítico dos

estudantes. Tal abordagem contribui para o desenvolvimento de competências essenciais e requeridas neste século, tais como o pensamento crítico, a criatividade, a colaboração, a comunicação, a cidadania/cultura e caráter/compaixão, conforme discutido por Cleophas e Bedin (2023), Rizki *et al.* (2022) e Partono *et al.* (2022).

Além disso, Nogueira *et al.* (2023) destacam que as atividades lúdicas devem ser cuidadosamente planejadas, com uma intencionalidade pedagógica bem definida, a fim de equilibrar suas dimensões recreativa e educativa sem comprometer os objetivos de aprendizagem. Quando bem estruturadas, essas atividades funcionam como estratégias motivadoras, capazes de captar e sustentar a atenção dos estudantes, favorecendo uma aprendizagem mais efetiva (Tarrés e Cullell, 2021). Outrossim, contribuem para a redução da carga cognitiva, melhorando a memória de trabalho (Benarroch, 2000), ao mesmo tempo em que promovem experiências escolares mais prazerosas e engajadoras. Com efeito, esses momentos de humor e envolvimento têm se mostrado benéficos não apenas para o desempenho acadêmico do aluno, mas também para o bem-estar emocional e a saúde mental dos alunos (Lubbers *et al.*, 2023).

Apresentando o planeta: o jogo *Minerais em Kepler*¹

Nesta seção, apresentamos os principais elementos que compõem o jogo educativo formalizado do tipo didático *Minerais em Kepler*. Para isso, são descritos a ideiação, os objetivos, as regras e a narrativa do jogo, bem como aspectos visuais, os tipos de *cards*, o manual de instruções e as características físicas do material desenvolvido.

Ideação do jogo Minerais em Kepler

Durante a fase de planejamento, foram definidas quatro variáveis fundamentais para a construção do jogo didático: o tipo de jogo, o nível educativo, o tema a ser desenvolvido e os

objetivos de aprendizagem a serem alcançados. Para tanto, optamos por desenvolver um jogo de tabuleiro, considerando sua potencialidade pedagógica já evidenciada na literatura. De acordo com Chen *et al.* (2021), jogos de tabuleiro criam um ambiente propício à aprendizagem ativa, incentivando a participação dos estudantes e promovendo interações face a face

que favorecem a construção do conhecimento e a resolução de problemas. Além disso, esse tipo de jogo demanda interação presencial entre os participantes, o que estimula habilidades socioemocionais e cognitivas importantes, como a concentração, a organização do pensamento, o respeito ao tempo do outro e a observância das regras previamente estabelecidas.

De acordo com a taxonomia de jogos educacionais proposta por Cleophas *et al.* (2018), o jogo desenvolvido se enquadra na categoria de jogo educativo formalizado do

[...] Jiménez-Valverde *et al.* (2025) afirmam que, em se tratando da Química, as atividades lúdicas podem contribuir para o desenvolvimento de competências como pensamento crítico e habilidades de resolução de problemas, sendo essenciais para preparar os alunos para enfrentar os desafios do século XXI.

tipo didático, pois possui intencionalidade pedagógica claramente definida ao articular a ludicidade com o conteúdo curricular. Nesses termos, a concepção do jogo partiu da adaptação de dois jogos previamente existentes: o jogo de tabuleiro *Mission: Red Planet* e os *cards* do jogo didático *Mineral Supertrumps* (Spandler, 2016). No entanto, a proposta foi amplamente modificada, tanto em seu propósito quanto em seu desenho instrucional, resultando em um novo produto com identidade própria e foco educacional definidos. Ademais, o jogo foi projetado para ser flexível, podendo ser utilizado em diferentes níveis de ensino, ou seja, do Ensino Médio ao Ensino Superior, a depender, claro, das adaptações realizadas pelo professor mediador, conforme os objetivos de aprendizagem e a complexidade exigida. O tema central escolhido foi *Minerais*, por sua relevância interdisciplinar e pela presença significativa desses materiais e seus derivados químicos na vida cotidiana, sendo fundamentais para o desenvolvimento e a sobrevivência humana.

Objetivo, regras e a narrativa do jogo

O objetivo específico da elaboração do jogo *Minerais em Kepler* foi proporcionar uma experiência manualizada para uso no ensino de Química, podendo funcionar tanto como método básico de estudo de Química, quanto como material didático complementar para uso na avaliação ou reforço dos conteúdos (Tsai et al., 2020) relacionados à Mineralogia. Cabe mencionar que as regras do jogo, bem como todos os seus componentes, se encontram organizadas em uma pasta no *Google Drive*, com acesso aberto para consulta e possível replicação do material a partir da sua impressão gráfica. No que se refere às regras, elas foram estruturadas para contemplar tanto o método de natureza prospectiva (ligado à ação e à tomada de decisão durante o jogo), quanto retrospectiva (voltado à reflexão pós-jogo), com o intuito de favorecer o engajamento dos estudantes e estimular o pensamento crítico e analítico. O jogo foi planejado para ser aplicado em sala de aula em equipes, compostas por três a quatro estudantes cada; no entanto, esse número pode ser adaptado de acordo com o tamanho da turma. A seguir, na Figura 1, apresentamos a narrativa elaborada que contextualiza o universo imersivo do jogo proposto.

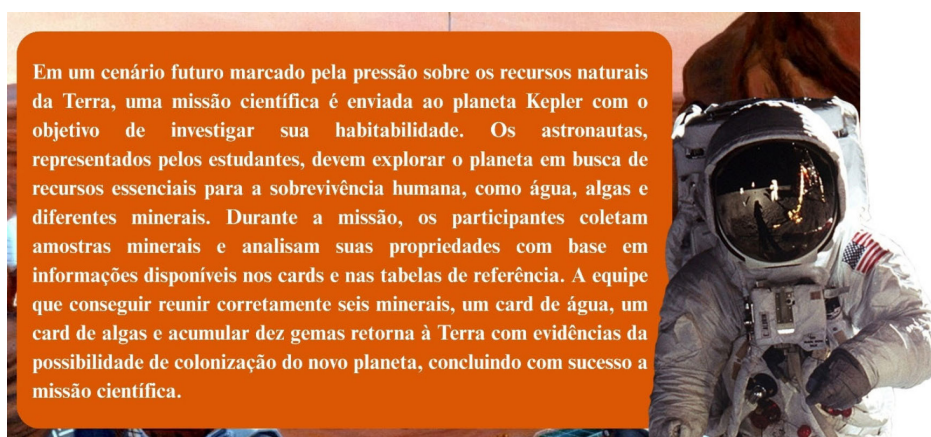


Figura 1. Narrativa do jogo. Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) com base em Parra Sierra (2022).

Produção visual do jogo, seus cards e manual

O tabuleiro do jogo foi desenvolvido por meio do aplicativo online *Adobe Express*. Os *cards* foram produzidos utilizando a plataforma *Canva*, com o apoio de imagens e fotografias obtidas sob licenças livres do tipo *Creative Commons*. Para assegurar a confiabilidade das informações contidas nos materiais, especialmente nos *cards* minerais, foram consultadas diversas fontes digitais, com destaque para o site do *Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Ebert* (MHE, 2022). Cada *card* foi planejado com uma função específica para uso na dinâmica do jogo, sendo organizados em categorias distintas, como *cards* minerais e *cards* surpresa. A seguir, são descritas as características de cada tipo de *card*, suas relações com os objetivos de aprendizagem e sua importância no contexto pedagógico do jogo.

- **Cards minerais:** Foram elaborados 30 *cards* dedicados aos minerais, cada um apresentando informações essenciais sobre suas propriedades físicas e químicas, bem como sua relevância, aplicações tecnológicas e usos na vida cotidiana. Esses *cards* visam promover o reconhecimento da presença dos minerais na sociedade contemporânea e incentivar a articulação entre os conteúdos de Química, Geologia e sustentabilidade. As principais características dos *cards* minerais são exemplificadas na Figura 2.

- **Cards surpresa:** Foram desenvolvidos 9 *cards* surpresa com o objetivo de introduzir elementos imprevisíveis à dinâmica do jogo, ampliando o desafio e a competitividade entre os participantes. Esses *cards* simulam eventos inesperados no planeta Kepler, como desastres naturais, presença de gelo, ou a possibilidade de recarregar o contêiner de oxigênio (recursos essenciais para a sobrevivência no jogo). As consequências dos *cards* surpresa podem incluir perda ou ganho de gemas, descarte de minerais, perda de turno ou retorno à posição inicial. Também é possível encontrar elementos favoráveis, como água ou algas, fundamentais para a subsistência humana no enredo do jogo. A Figura 3 ilustra as principais características visuais e funcionais desses *cards*.

Na sequência são apresentados os materiais de apoio, manual de regras e tabelas de classificação dos minerais.

- **Tabela de Referência:** Elaborada com o auxílio do aplicativo *Excel* e da plataforma *Canva*, sua função é definir



Figura 2. Card mineral: Ouro. Fonte: Elaborada pela autora 1.

o conteúdo de cada célula do tabuleiro do planeta Kepler. Ela especifica os elementos que podem ser encontrados pelos jogadores durante a exploração, funcionando como base para a lógica do jogo e como suporte para a mediação docente.

- **Missão do Astronauta:** A folha de respostas intitulada “Astronauta cumpre a missão” pode ser adaptada conforme os objetivos pedagógicos e o conteúdo explorado em aula. Nela, os estudantes registram as características dos minerais encontrados, bem como os elementos essenciais coletados, como água, algas e gemas (pontos). Esse instrumento também serve como instrumento avaliativo, possibilitando ao professor observar o percurso dos alunos durante o jogo. A Figura 4 apresenta os detalhes visuais e funcionais dessa folha.

- **Manual de Regras:** O manual reúne os principais elementos necessários para a execução do jogo, incluindo as regras, os objetivos pedagógicos, a tabela periódica e as tabelas de classificação dos minerais. Seu propósito é fornecer suporte aos jogadores durante a realização da missão, permitindo que consultem as propriedades físicas e químicas de diversos minerais ao longo da atividade. Além de orientar a dinâmica do jogo, o manual também contribui para a consolidação dos conteúdos de mineralogia em sala de aula. A Figura 5 reproduz uma das páginas da tabela de classificação dos minerais.



Figura 3. Exemplos de cards surpresa. Fonte: Elaborada pela autora 1.


MINERAIS EM KEPLER
 Missão: Em busca de um novo lar

ASTRONAUTA CUMPRE A MISSÃO!

Nome de cada astronauta: _____

Devido ao rápido desenvolvimento tecnológico, ao crescimento da população humana, além das práticas erradas dos seres humanos no sentido meio ambiental, foi verificado que a terra não será mais sustentável, e devido a isto, selecionamos a sua equipe de astronautas para que procurem em um novo planeta diferentes itens, sendo: (água, algas marinhas, 10 gemas e 6 minerais) para assim conferir a capacidade de habitabilidade do novo planeta.

Por favor preencha as tabelas com as informações solicitadas, analisando corretamente os dados obtidos. Ao cumprir a missão e juntar todos os itens necessários a equipe deverá anunciar: **SIM É POSSÍVEL!**

Formula química	2 usos importantes para o novo planeta	Dureza	Cor do mineral achado	Possível hábito do mineral achado	NOME DO MINERAL

Marque com um X no quadro correspondente quando junte todos os itens solicitados

Junte 1 CARD ALGAS MARINHAS	Junte 1 CARD ÁGUA	Junte 10 gemas

Figura 4. Modelo de folha de respostas - missão dos participantes. Fonte: Elaborada pela autora 1.

Características físicas do jogo

O jogo foi originalmente impresso em gráfica, como ilustrado na Figura 6. Contudo, ele foi projetado de forma a permitir sua replicação por professores interessados em aplicá-lo em sala de aula. Para isso, recomendamos o seguinte formato de impressão gráfica: o tabuleiro deve ser impresso em folha A3; o manual, a tabela de referência e a folha de respostas, em folhas A4; os *cards* minerais e os *cards* surpresa devem ter dimensões de 8,5 x 5,5 cm cada, organizados em folha A3. Sugerimos ainda que os *cards* sejam impressos em papel fotográfico fosco e plastificados

para maior durabilidade, ou, alternativamente, em papel couchê de boa gramatura.

Lançamento da missão: coordenadas metodológicas

O estudo, estruturado no paradigma da pesquisa qualitativa (Guba e Lincoln, 1994), utilizou uma abordagem interpretativa e métodos qualitativos para explorar as percepções de estudantes do Ensino Médio sobre o jogo *Minerais em Kepler*. Para tanto, adotamos um planejamento intervencionista em sala de aula com dois métodos principais: intervenção e avaliação da intervenção. Assim, a Intervenção Pedagógica (IP), baseada em Damiani et al. (2013), consistiu em procedimentos e práticas pedagógicas desenvolvidas pelo pesquisador, permitindo testar conhecimentos teóricos e exigindo planejamento e criatividade. Ela teve duração de duas aulas de 50 minutos, conforme exibido no Quadro 1.

Participantes e contexto

A pesquisa envolveu 10 estudantes do Ensino Médio (1º e 2º anos) de uma escola pública estadual localizada na região sul do Brasil. A faixa etária dos participantes variou entre 15 e 17 anos, sendo 6 do sexo feminino e 4 do sexo masculino. Foi assegurada a esses participantes a confidencialidade total das informações fornecidas, o anonimato de suas respostas e o rigoroso cumprimento dos preceitos éticos em conformidade com a Resolução n.º 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Para manter o anonimato nos relatos exemplificados (quando citados), os estudantes serão identificados pelo código “EEM” (Estudante do Ensino Médio), seguido de uma numeração sequencial (EEM1 a EEM10). Além disso, adotamos a técnica de amostragem não probabilística intencional (Flick, 2009); desse modo, os participantes foram selecionados com base em características específicas relevantes aos objetivos do estudo. Contudo, o número reduzido de participantes está relacionado ao caráter

1. ELEMENTOS NATIVOS					
Classe 01: Elementos nativos					
Elementos ou átomos presentes no mineral	Densidade	Sistema Cristalino	Hábito	Cor	Nome do Mineral
Ag	Pesado	Cúbico	Grupos ramificados, arborescentes, reticulados, placas e massas irregulares.	Branco, Branco prata, Preto acinzentado	Prata
C	Leve	Hexagonal	Maciço, foliar, colunar, granular, terroso ou como agregados globulares	Cinza escuro, Preto, Cinza aço	Grafita
Cu	Pesado	Cúbico	Escamas, placas, fios torcidos e massas irregulares são bastante comuns.	Vermelho, Vermelho escuro, Vermelho cobre	Cobre
Pt	Pesado	Cúbico	Granular, com formas de pequenos grãos (pepitas) e escamas	Cinza escuro, Cinza aço, Branco prata	Platina
C	Pesado	Cúbico	Forma cristais normalmente octaédricos, dodecaédricos e mais raramente cúbicos e formas combinadas e/ou modificadas	Laranja, Vermelho, Verde, Marrom, Branco, Amarelo, Azul claro, Incolor, Preto, Rosa, Amarelo claro, Amarelo escuro	Diamante
Au	Pesado	Cúbico	Massas irregulares (pepitas), dendríticas, na forma de retículos, fios, placas, escamas.	Branco, Prata, Amarelo claro, Vermelho cobre, Amarelo ouro.	Ouro
S ou S8	Leve	Ortorrômbico	Granular, maciço, reniforme ou formando estalactites, terroso, pulverulento.	Verde, Marrom, Amarelo limão, Cinza, Preto, Amarelo mel, Amarelo enxofre	Enxofre

Figura 5. Tabela de classificação de minerais - Classe 1. Elementos nativos. Fonte: Elaborada pela autora 1.



Figura 6. Jogo *Minerais em Kepler*. Fonte: Elaborada pela autora 1.

Quadro 1. Os quatro passos da Intervenção Pedagógica.

PRIMEIRO (20 min)	SEGUNDO (30 min)
Apresentação da pesquisa, objetivos e desenvolvimento. Aplicação do questionário TALP, utilizando estímulos indutores: • Mineralogia • Minerais • Jogos	Apresentação da Mineralogia com ênfase na Química. Principais conceitos e importância do tema para a ciência, meio ambiente e sociedade. Esses conteúdos foram abordados de modo expositivo e dialogado, usando uma apresentação em slides com vídeo e imagens.
TERCEIRO (45 min)	QUARTO (5 min)
Apresentação do jogo e suas regras. Imersão do jogo através de um vídeo. Aplicação do jogo.	Aplicação do questionário tipo Likert e avaliação do jogo.

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

exploratório da intervenção pedagógica, realizada em uma única turma disponível no contexto da escola parceira.

Neste estudo, também investigamos as opiniões de três professores de Química a partir da análise FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) sobre o jogo *Minerais em Kepler*. Todos possuíam formação em Licenciatura em Química e experiência mínima de cinco anos no Ensino Médio. O Professor A tinha 8 anos de experiência docente e atuava em escola pública estadual; o Professor B tinha 12 anos de experiência e trabalhava em escola privada; o Professor C tinha 6 anos de experiência e atuava tanto em escola pública quanto privada. Todos os professores testaram o jogo em suas turmas antes de participar das entrevistas. Ademais, a IP descrita foi desenvolvida entre os meses de novembro e dezembro de 2022.

Coleta e análise dos dados

O estudo adotou uma combinação de métodos qualitativos que incluíram notas em um diário de campo para documentar as informações contextuais observadas durante a aplicação do jogo em sala de aula; e um Teste de Associação Livre de

Palavras (TALP), adaptado do estudo de Chagas (2014). O teste consiste numa técnica projetiva utilizada para explorar como os participantes organizam mentalmente determinados conceitos, a partir da evocação espontânea de palavras relacionadas a termos indutores (Bahar e Hansell, 2000). De acordo com os autores supracitados, essa abordagem parte da ideia de que as associações livres funcionam como uma janela para a estrutura cognitiva, e se torna especialmente útil na identificação de representações sociais e na análise das redes conceituais presentes em contextos educacionais (Çetinkaya, 2020).

Na etapa seguinte da pesquisa, foi aplicado um questionário estruturado com o propósito de verificar se os estudantes assimilaram os conceitos científicos que a desenvolvedora do jogo buscou transmitir e se compreenderam os mecanismos operacionais envolvidos na IP. O questionário foi adaptado dos estudos de Stojanovska e Velevska (2018) e López-Fernández e Franco-Mariscal (2019). O instrumento foi composto por diferentes seções, a saber: (1) dez itens do tipo Likert, organizados em uma escala ordinal de quatro pontos sem opção neutra (conforme recomendação de Cleophas

e Cunha, 2020), voltados à avaliação das percepções dos estudantes em relação à atividade com o jogo *Minerais em Kepler*; (2) um item de avaliação global da experiência, no qual os alunos atribuíram uma nota de 1 a 10 de acordo com o nível de satisfação com o uso do jogo; (3) cinco itens sobre as características autopercebidas do jogo em função da sua simplicidade, utilidade, atratividade, interesse e complexidade, com respostas variando de “muito pouco” a “muitíssimo”; e, por fim, (4) uma questão aberta, na qual os participantes puderam registrar livremente suas opiniões sobre os aspectos mais positivos e negativos da experiência vivenciada a partir da participação na IP.

Em complemento, foi realizada uma análise FOFA, a fim de investigar o potencial educativo e formativo do jogo na perspectiva de três professores da Educação Básica que aplicaram o jogo em suas aulas. Essa etapa buscou aprofundar a compreensão sobre as possibilidades e limitações do uso do jogo como ferramenta pedagógica no contexto escolar. Por fim, os dados qualitativos coletados foram sistematizados e analisados por meio das etapas da análise temática, conforme a abordagem proposta por Bazeley e Jackson (2019). Esse processo envolveu: (1) a organização e sistematização dos dados escritos, (2) uma leitura aprofundada com registro de anotações realizadas no diário de campo, e (3) a exploração do material para agrupá-lo em temas abrangentes, capazes de representar os principais achados da pesquisa.

Descobertas minerais: análise das explorações em Kepler

Os dados da pesquisa foram analisados com o propósito de compreender as percepções dos alunos e os impactos da Intervenção Pedagógica (IP) por meio do uso do jogo *Minerais em Kepler*, além da análise opinativa dos professores sobre o referido jogo. Com esse intento, para organizar a análise, os resultados foram sistematizados em três dimensões principais: (a) a caracterização geral da intervenção, considerando a integração entre narrativa, desafios e engajamento, elucidada a partir dos registros em diários de campo e pela folha de respostas utilizada no jogo (Figura 4); (b) as percepções de dez estudantes da Educação Básica sobre a IP por meio do jogo, analisadas em duas etapas: (b.1) pelo Teste de Associação Livre de Palavras (TALP) e (b.2) pelo questionário estruturado; (c) a opinião de professores da Educação Básica sobre o potencial do *Minerais em Kepler* como ferramenta pedagógica, avaliada por meio da análise FOFA. Adicionalmente, os registros em diários de campo também foram utilizados para contextualizar e enriquecer os achados, oferecendo uma compreensão mais ampla das interações, do engajamento e das percepções observadas ao longo da aplicação do jogo em sala de aula.

(a) Da caracterização geral da IP em função dos efeitos do jogo à percepção de aprendizagem dos alunos

Durante a aplicação da IP, foi identificado que sete dos dez estudantes não haviam assistido às aulas introdutórias sobre Mineralogia, o que exigiu uma breve retomada

conceitual antes do início do jogo. Essa lacuna inicial de conhecimento contribuiu para uma postura de dispersão e desinteresse por parte dos alunos em relação ao tema. Apesar disso, foi possível observar uma mudança de comportamento em alguns estudantes, especialmente entre aqueles que inicialmente demonstraram resistência à participação nas aulas. Com efeito, os registros do diário de campo alertaram que o visual atrativo do jogo pode ter contribuído para despertar a curiosidade inicial dos estudantes e, por consequência, para sua adesão à atividade.

O desempenho dos alunos também foi observado nas folhas de resposta “Astronauta cumpre a missão”, as quais evidenciam que, apesar de algumas dificuldades pontuais – como, por exemplo, a classificação de dureza utilizando a Escala de Mohs – os estudantes conseguiram identificar corretamente os minerais com base em suas propriedades e nas fórmulas químicas com ajuda dos materiais de suporte. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento progressivo do diálogo e da colaboração entre os membros das equipes ao longo da atividade, favorecendo a formulação conjunta de respostas e a mobilização de conhecimentos prévios, como similarmente apontado por Benedetti Filho *et al.* (2021), que, de modo análogo, utilizaram um jogo envolvendo conceitos de Mineralogia e constataram empiricamente que experiências lúdicas tendem a reduzir o constrangimento inicial dos alunos, promovendo um ambiente mais descontraído que estimula a confiança na exposição de ideias e o exercício da argumentação em grupo.

De acordo com os questionários e os registros transcritos do diário de campo, alguns estudantes descreveram o jogo como “bonito” e “legal”. Embora essas expressões sejam coloquiais, elas podem ser interpretadas como indicadores de atratividade estética e engajamento inicial, elementos associados aos atributos dos jogos educativos descritos na literatura, como estímulos sensoriais, interação com o jogo e motivação para participação (Bedwell *et al.*, 2012). Esses aspectos tendem a favorecer a aproximação inicial do estudante com a atividade lúdica. Por outro lado, a caracterização do jogo pelos estudantes foi considerada “complexa” e isso pode ser compreendido à luz do atributo desafio, entendido como o grau de dificuldade e imprevisibilidade na resolução das tarefas propostas no jogo, componente considerado estruturante em atividades baseadas em jogos para promover envolvimento e resolução de problemas (Bedwell *et al.*, 2012; Rezende e Soares, 2023). Assim, tais qualificações, ainda que informais, podem ser interpretadas como evidências relacionadas a atributos de jogabilidade presentes no jogo educativo.

(b) As percepções dos estudantes sobre a IP

(b1) A partir da análise do Teste de Associação Livre de Palavras (TALP)

O TALP foi aplicado individualmente aos dez participantes, com três termos indutores: “minerais”, “Mineralogia” e “jogos”. Para cada termo, os estudantes deveriam evocar até três palavras ou expressões curtas que lhes viessem

imediatamente à mente, registrando-as em uma folha de papel, sem reflexão prolongada. O tempo máximo para cada termo indutor foi de 30 segundos, em consonância com as recomendações metodológicas de Çetinkaya (2020). Tal restrição de tempo é considerada essencial nesse tipo de técnica, pois favorece a captação de associações espontâneas, reduzindo interferências conscientes e permitindo acessar estruturas cognitivas mais naturais e automáticas. Essa espontaneidade, segundo Bahar e Hansell (2000), é fundamental para revelar como os conceitos estão organizados na mente dos participantes. No entanto, é cabível destacar que o TALP foi aplicado antes da experiência com o jogo; assim, as evocações obtidas refletem predominantemente os conhecimentos prévios dos estudantes. Logo, os resultados do TALP permitem compreender a estrutura conceitual inicial dos participantes acerca da Mineralogia. Essa informação se torna relevante para interpretar a intervenção pedagógica, pois evidencia o ponto de partida cognitivo a partir do qual o jogo foi introduzido. Ao todo, os estudantes evocaram 84 palavras, conforme apresentado na Tabela 1. Esse total de evocações ficou abaixo do esperado, que era de 90 palavras, devido ao fato de alguns alunos não terem preenchido todos os espaços de inclusão de respostas disponibilizados.

Para o termo indutor “minerais”, se destacaram palavras como “água”, “ouro”, “minério” e “caverna”, revelando um predomínio de associações baseadas em experiências cotidianas e conhecimentos informais, o que reforça a perspectiva construtivista de Anderson (1992) sobre a influência das experiências prévias na aprendizagem. Para o termo “Mineralogia”, os mais evocados foram “minérios”, “minerais” e “estudo”, sugerindo uma sobreposição conceitual entre “minerais” e “minérios”, e o reconhecimento inicial da

mineralogia como área de investigação científica. Para o termo “jogos”, as evocações mais frequentes foram “tabuleiro” e “futebol”, além de palavras periféricas como “monopoly”, “esporte” e “minecraft”, indicando uma percepção difusa que pode estar ancorada em referências pessoais. Esse resultado dialoga com Adadan (2014), que observou limitações na construção de estruturas cognitivas em contextos marcados por conhecimento prévio superficial.

Assim, os achados reforçam a análise de Rennar-Potacco et al. (2020), ao evidenciar a necessidade de práticas motivadoras e investigativas para a aprendizagem científica. Nesse sentido, o uso do TALP se mostrou útil para capturar nuances de como os estudantes compreenderam e associaram conceitos relacionados à Mineralogia a partir da influência proporcionada pelo jogo *Minerais em Kepler*, em corroboração com o levantado por Viana e Cleophas (2023) sobre o papel das atividades lúdicas na construção, manutenção e ampliação das redes cognitivas dos alunos.

(b2) A partir da análise do questionário estruturado

A análise da frequência absoluta das respostas envolvendo os dez estudantes do Ensino Médio ao questionário aplicado logo após o jogo (Figura 7) evidencia, em linhas gerais, uma percepção predominantemente positiva à intervenção pedagógica com o jogo *Minerais em Kepler*. Por exemplo, os itens relacionados à sua contribuição para o ensino de conteúdos e promoção da aprendizagem obtiveram ampla concordância. No item 1 (“A atividade com o jogo me ajudou a aprender mais sobre Mineralogia”), todos os dez estudantes marcaram “Concordo” ou “Concordo totalmente”, o que sinaliza que a utilização do jogo no ambiente da sala de aula foi percebida como efetiva ao processo de

Tabela 1. Total de evocações para cada termo indutor.

Grupo/Indutores	Indutor 1 (minerais)	Indutor 2 (Mineralogia)	Indutor 3 (jogos)	Total de evocações por grupo
Ensino Médio (EM)	29	25	30	84

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).



Figura 7. Gráfico das percepções dos alunos de ensino médio sobre a IP utilizando o jogo *Minerais em Kepler*. Fonte: Dados da pesquisa.

apoio à construção de conhecimento. Além disso, é percebido que o mesmo padrão se repetiu no item 5, o qual associava o uso do jogo à facilitação do aprendizado de conteúdos considerados complexos.

A análise da Figura 7 revela que o jogo *Minerais em Kepler* foi bem recebido pelos estudantes sob diversos aspectos. É possível observar que o item 4 (“O jogo contribuiu para ampliar meus conhecimentos da Mineralogia e sua importância para o desenvolvimento humano”) apresentou predominância de respostas positivas. Esse resultado indica que os estudantes perceberam o jogo como um recurso que favoreceu a compreensão da temática abordada. No entanto, é importante destacar que a escala Likert utilizada nesta etapa capta principalmente percepções dos participantes sobre a experiência, não permitindo afirmar diretamente que ocorreu aprendizagem conceitual ou reflexão aprofundada sobre aplicações da Mineralogia. Assim, os dados obtidos indicam uma avaliação positiva da atividade pelos estudantes, sugerindo potencial pedagógico da proposta, mas não constituem evidência direta de mudança conceitual.

Em relação à clareza e acessibilidade das regras, o item 7 (“As regras do jogo eram simples e fáceis de aprender”) recebeu a totalidade da concordância dos alunos, demonstrando que a estrutura do jogo não representou um obstáculo à participação e ao engajamento. Por outro lado, o item 6 (“Os conteúdos de Mineralogia explorados no jogo são difíceis”) obteve respostas mais ambíguas, logo, a discordância parcial de alguns estudantes pode refletir tanto o grau de complexidade intrínseca da Mineralogia quanto a necessidade de aprofundamento prévio para compreender plenamente os conceitos abordados no jogo. Esse dado sugere que, embora a proposta tenha sido didaticamente eficaz, a natureza técnica do conteúdo ainda representa um desafio para parte da turma. Por fim, o item 9 (“Gostei de resolver os problemas do jogo em colaboração com os meus colegas”) recebeu ampla aprovação, sinalizando que a dimensão coletiva da atividade foi autopercebida como um diferencial positivo, revelando que o caráter colaborativo da proposta favoreceu o diálogo, o apoio mútuo e a construção compartilhada de estratégias para resolução dos desafios do jogo.

Em síntese, o cruzamento dos dados revela que o jogo *Minerais em Kepler* foi avaliado como didaticamente claro,

visualmente acessível e colaborativamente proveitoso, pois, apesar de certa complexidade dos conteúdos, os estudantes demonstraram ganhos cognitivos e interpessoais, reforçando o potencial do jogo como ferramenta pedagógica capaz de integrar intencionalidade educativa, ludicidade e aprendizagem contextualizada.

Dando sequência à análise, a IP mediada com uso do jogo *Minerais em Kepler* foi avaliada de forma positiva e favorável pelos participantes. Assim, numa escala de 1 a 10, a média atribuída ao jogo foi de 9,3 pontos, demonstrando elevada aceitação entre os estudantes. Entretanto, dois dos dez alunos não atribuíram nota. As justificativas fornecidas reforçam tanto o caráter formativo quanto o potencial inerentemente didático-lúdico da atividade: “*porque me ajuda a aprender*” (EMM-3), “*Foi divertido, mas complicado demais*” (EMM-4), “*Bem criativo e divertido*” (EMM-6) e “*O jogo ampliou meus conhecimentos*” (EMM-8). Diante disso, interpretamos que tais comentários ilustram um equilíbrio entre o favorecimento da aprendizagem de conteúdos, estímulo à curiosidade e engajamento afetivo, mesmo diante de eventuais desafios de compreensão conceitual ou interpretativa. Outrossim, a experiência se revelou promissora para fortalecer o interesse e a coletividade sobre a aprendizagem da Mineralogia para alunos do Ensino Médio.

No que se refere à averiguação analítica sobre os cinco itens relacionados para captar as características autopercebidas pelos alunos sobre o jogo em função da sua simplicidade, utilidade, atratividade, interesse e complexidade, constatamos que, dos 10 alunos participantes, oito optaram por responder a esses itens do questionário estruturado. Dentre esses, todos os 8 avaliaram o jogo como muito útil ou muitíssimo útil, o que revela uma percepção positiva quanto ao seu suposto valor didático. Seis alunos consideraram o jogo atraente e interessante, enquanto quatro o classificaram como simples. Em contrapartida, cinco alunos apontaram que o jogo apresentou um nível de complexidade elevado para estudantes do Ensino Médio, o que sugere a presença de desafios cognitivos que podem demandar maior mediação docente ou revisão conceitual prévia. A Figura 8 exhibe tais resultados.

Ao avançar para outra dimensão da análise, os comentários dos estudantes revelam percepções positivas sobre o

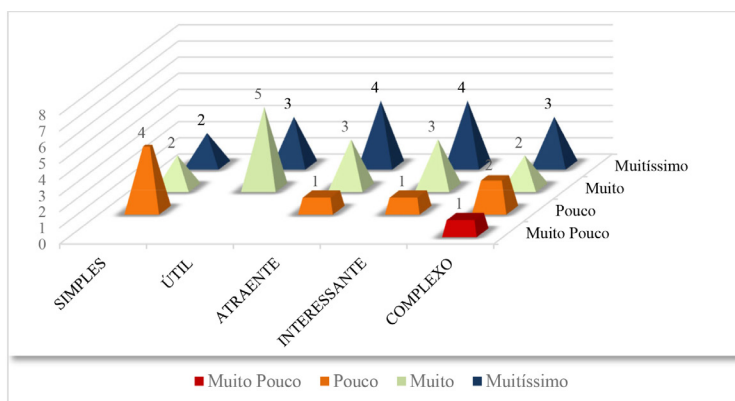


Figura 8. Gráfico dos resultados avaliativos do jogo pelos alunos. Fonte: Dados da pesquisa.

jogo *Minerais em Kepler*. De modo geral, os participantes descreveram a experiência como divertida, prática, relevante e educativa, destacando o jogo como um apoio útil e favorável à aprendizagem. Entre os aspectos mais valorizados, os estudantes ressaltaram a dinâmica em grupo, o trabalho em equipe e a interação entre colegas, como evidenciado em expressões como, por exemplo, “jogar com amigos”, “brincar entre amigos”, “a competição”, “ganhar”, “a compreensão dos jogadores”. Tais apontamentos demonstram que o componente lúdico promoveu engajamento social e afetivo, contribuindo para a construção de um ambiente colaborativo de aprendizagem.

Contudo, também foram identificados aspectos críticos que requerem atenção no aprimoramento do jogo. Comentários como “voltar ao início”, “perder”, “minerais surpresa (*cards* surpresa)”, “as regras” e “escrever e anotar minerais” revelam a percepção de frustração diante de elementos aleatórios, dificuldades com o entendimento das instruções e sobrecarga cognitiva durante as tarefas escritas. Assim, a presença de elementos de sorte e incerteza, característica inerente a jogos, conforme discutido por Kishimoto (2008), também foi percebida como um desafio à fluidez da aprendizagem. Nesse encadeamento, as observações indicam a necessidade de ajustes no desenho instrucional do jogo a fim de equilibrar desafio, clareza e previsibilidade em favor dos objetivos pedagógicos. Tais aprimoramentos podem potencializar a experiência lúdica como apoio à aprendizagem, mantendo o engajamento dos alunos sem comprometer a acessibilidade conceitual e procedimental da atividade.

De forma geral, os resultados da IP com o uso do jogo *Minerais em Kepler* indicam o desenvolvimento de atitudes positivas e possíveis evidências de aprendizagem cognitiva e afetiva, pois competências como colaboração, engajamento e entusiasmo foram observadas, em alinhamento com o já relatado em estudos anteriores (Krohl et al., 2021). O jogo também foi percebido como útil tanto no apoio ao ensino quanto como ferramenta avaliativa e de reforço de conteúdos, em consonância com constatações já relatadas em Cleophas et al. (2018) e Suart e Souza (2018). Entretanto, apesar das limitações, os dados sugerem compreensão dos temas abordados e reforçam os princípios da Didatização Lúdica (Cleophas e Soares, 2018), que defende a integração entre ludicidade e intencionalidade didática como promotora de conexões significativas com o conhecimento (Souza e Cleophas, 2022).

Além do exposto, a proposta da IP também revelou um potencial educativo de caráter interdisciplinar, especialmente com as áreas de Química, Geografia e Geologia, dada a diversidade de conteúdos mobilizados. No entanto, é necessário aperfeiçoar aspectos estruturais do jogo e da própria intervenção, tais como a complexidade das tarefas em relação ao nível de escolaridade e a duração da aplicação, que foi de aproximadamente 100 minutos por sessão. Nessa linha argumentativa, concordamos com Knuuttila e Loettgers (2016) que a verdadeira interdisciplinaridade ocorre quando os conceitos e métodos de uma área contribuem efetivamente para resolver problemas e aprofundar teorias de outra. Logo,

ao pensar qualquer tema no contexto escolar, é possível (e desejável) explorá-lo em articulação com outras disciplinas e com situações que envolvam o cotidiano dos estudantes, já que isto tende a potencializar a construção de aprendizagens mais robustas e duradouras.

(c) Opinião de professores da Educação Básica sobre o jogo

Ao avançarmos para outra dimensão da análise, voltada à compreensão do potencial e das possíveis limitações do jogo *Minerais em Kepler* à luz do olhar docente, conduzimos uma investigação qualitativa fundamentada na análise FOFA, seguindo as recomendações de Lyons et al. (2024) e Fernandes e Miranda (2025). Tal abordagem tem se mostrado especialmente valiosa na avaliação crítica de ferramentas pedagógicas inovadoras, pois permite uma apreciação estratégica de seus efeitos e de sua aplicabilidade em contextos escolares reais. Para tanto, participaram dessa etapa três professores de Química com ampla experiência no Ensino Médio, que analisaram o jogo e ofereceram *feedback* verbal detalhado com base em suas percepções e potencial para sua aplicação em sala de aula. A seguir, o Quadro 2 exhibe alguns exemplos de comentários fornecidos pelos professores.

Quadro 2. Exemplos de excertos atribuídos pelos professores

Letra representativa	Dimensão da análise FOFA	Excertos representativos
F	Forças	O jogo é bem elaborado e muito detalhista em relação aos conteúdos sobre Mineralogia.
O	Oportunidades	O jogo é flexível e pode ser usado em qualquer turma do EM.
F	Fraquezas	O jogo é complexo, por isso, é preciso detalhar mais as regras e conteúdos.
A	Ameaças	O jogo é demorado e isso pode atrapalhar o processo de manutenção da atenção.

Fonte: Dados da pesquisa.

A escuta qualificada desses docentes revelou dimensões fundamentais para a compreensão dos efeitos e limitações do jogo. Assim, as quatro dimensões da análise FOFA, descritas no Quadro 2, permitiram não apenas identificar os pontos positivos e negativos da proposta, mas também refletir estrategicamente sobre sua viabilidade pedagógica, suas possibilidades de replicação e os ajustes necessários para ampliar sua efetividade como ferramenta pedagógica. Nesse entendimento, o *feedback* fornecido pelos professores evidenciou como principal força do jogo *Minerais em Kepler* a qualidade de sua elaboração e o rigor conceitual com que aborda os conteúdos de Mineralogia. Tais características foram destacadas como um diferencial relevante, uma vez

que podem contribuir para a consolidação do conhecimento científico sobre o tema de forma precisa e estruturada. Essa observação dialoga com a literatura que ressalta o valor de jogos bem fundamentados, por se constituírem em abordagem que melhora a retenção e compreensão de conceitos complexos (Prince, 2004; Freeman *et al.*, 2014). Além disso, estudos como os de Gee (2003) apontam que jogos educativos, quando bem planejados, também favorecem o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, o que amplia ainda mais seu potencial pedagógico.

No que se refere às fraquezas, os docentes destacaram a complexidade do jogo, especialmente no que diz respeito às regras e aos conteúdos abordados. Essa observação reforça a importância de se estabelecer um equilíbrio entre desafio e acessibilidade, a fim de evitar desmotivação e assegurar que os objetivos pedagógicos sejam claramente compreendidos (Gee, 2005; Plass *et al.*, 2015). Paralelamente, como possível ameaça, foi apontada a duração relativamente extensa da atividade, o que pode comprometer a manutenção da atenção dos estudantes ao longo da sessão. Pois, em se tratando do assunto sobre a atenção, Shahmoradi, Mohammadian e Rahmani Katigari (2022) asseveram que ela é uma tarefa mental básica e fundamental que desempenha um papel importante no funcionamento de outras habilidades cerebrais, como inteligência, memória, aprendizagem e percepção. À vista disso, se torna fundamental ajustar a duração da atividade ao perfil da turma, de modo a maximizar seus benefícios educativos.

Ao relacionar os resultados do Teste de Associação Livre de Palavras (TALP) com a análise FOFA realizada pelos professores, observa-se uma convergência interpretativa relevante. Enquanto o TALP revelou uma estrutura conceitual inicial ainda limitada sobre Mineralogia entre os estudantes, a análise FOFA destacou a complexidade conceitual do jogo como uma possível fraqueza da proposta. Essa convergência sugere que a mediação docente se torna um elemento central para equilibrar o nível de desafio conceitual do jogo com os conhecimentos prévios dos estudantes, favorecendo a compreensão dos conteúdos de Mineralogia trabalhados na atividade.

Por último, mas não menos importante, a análise integrada dos dados permite compreender o papel do jogo *Minerais em Kepler* como uma estratégia pedagógica com potencial para apoiar a abordagem de conteúdos de Mineralogia no Ensino Médio, pois o Teste de Associação Livre de Palavras evidenciou que os estudantes apresentavam conhecimentos prévios limitados ou fortemente associados ao cotidiano, indicando a necessidade de estratégias didáticas que favoreçam a aproximação entre conceitos científicos e experiências dos alunos. A análise FOFA realizada pelos professores destacou

tanto o potencial conceitual do material quanto aspectos relacionados à complexidade das regras e ao tempo de aplicação. Os resultados obtidos por meio da escala Likert indicaram uma percepção positiva dos estudantes quanto à atratividade e ao interesse despertado pela atividade. Todavia, é importante destacar que tais resultados devem ser interpretados como indicadores de engajamento e aceitação da proposta didática, não constituindo evidência direta de aprendizagem conceitual. Nesse sentido, os dados apresentados sugerem que o jogo pode atuar como um recurso pedagógico promissor para o ensino de Mineralogia, especialmente quando mediado pelo professor e articulado a outras estratégias de ensino que aprofundem a discussão conceitual.

Retorno à Terra: reflexões e futuras missões

Este estudo investigou a aplicação do jogo educativo formalizado *Minerais em Kepler* como recurso pedagógico no ensino de Mineralogia para estudantes do Ensino Médio, à luz da proposta da Didatização Lúdica. Os dados analisados evidenciam que o jogo favoreceu o engajamento ativo, a colaboração entre pares e a construção de aprendizagens cognitivas e afetivas, ainda que iniciais. Observamos também

que a combinação entre narrativa, elementos visuais e desafios instrucionais proporcionou uma experiência lúdica capaz de ampliar o interesse dos estudantes e promover conexões efetivas com os conteúdos científicos.

Contudo, a análise também revelou dificuldades importantes que merecem atenção em futuras implementações. A complexidade dos conteúdos, aliada ao nível de abstração exigido pelas tarefas, foi percebida como uma barreira por

parte dos participantes, denotando uma menor familiaridade prévia com a temática. Além disso, a duração prolongada da atividade pode comprometer a manutenção da atenção, exigindo um planejamento mais criterioso do tempo disponível em sala de aula. Essas limitações apontam para a necessidade de ajustes no desenho instrucional do jogo, de modo a torná-lo mais acessível e adaptável a diferentes realidades escolares.

Por fim, o estudo apresenta limitações metodológicas, como o número reduzido de participantes e o uso predominante de questionários estruturados, o que pode ter restringido percepções mais profundas. Por essa razão, recomendamos, portanto, que pesquisas futuras adotem abordagens qualitativas mais densas. Ainda assim, os resultados sugerem que o jogo *Minerais em Kepler* tem potencial formativo, interdisciplinar e criativo, desde que aplicado com intencionalidade pedagógica clara, mediação docente qualificada e adaptação ao perfil da turma, sendo útil também em diferentes níveis de ensino.

No que se refere às fraquezas, os docentes destacaram a complexidade do jogo, especialmente no que diz respeito às regras e aos conteúdos abordados. Essa observação reforça a importância de se estabelecer um equilíbrio entre desafio e acessibilidade, a fim de evitar desmotivação e assegurar que os objetivos pedagógicos sejam claramente compreendidos (Gee, 2005; Plass *et al.*, 2015).

Nota

¹O jogo completo, incluindo tabuleiro, *cards* e manual, está disponível para *download* em acesso aberto no seguinte endereço: <https://drive.google.com/drive/folders/1SgYHD-QpyEs9revZoMuzUm-Z9v05JAV0i?usp=drive_link>

Agradecimentos

Ao CNPq, processo 310237/2022-0.

Referências

ADADAN, E. Investigating the influence of pre-service chemistry teachers' understanding of the particle nature of matter on their conceptual understanding of solution Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 15, n. 2, p. 219-238, 2014.

ANDERSON, O. R. Some interrelationships between constructivist models of learning and current neurobiological theory, with implications for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 10, p. 1037-1058, 1992.

BAHAR, M. e HANSELL, M. H. The relationship between some psychological factors and their effect on the performance of grid questions and word association tests. *Educational Psychology*, v. 20, n. 3, p. 349-364, 2000.

BAZELEY, P. e JACKSON, K. *Qualitative Data Analysis with NVivo*. 2nd ed. London: Sage, 2019.

BEDWELL, W. L.; PAVLAS, D.; HEYNEKAMP, M.; LAVIS, E. A.; e SALAS, E. Toward a taxonomy linking game attributes to learning: an empirical study. *Simulation & Gaming: An Interdisciplinary Journal*, v. 43, n. 6, p. 729-760, 2012.

BENARROCH, B. A. El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, v. 18, n. 2, p. 235-246, 2000.

BENEDETTI FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M.; SANTOS, K. O. e BENEDETTI, L. P. S. Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 2, p. 167-175, 2021.

CARIN, A. *Teaching Science through Discovery*. 8th ed. Ohio: Prentice Hall, 1997.

ÇETINKAYA, M. A Formative Assessment Example: Word Association Test. *International Education Studies*, v. 13, n. 8, p. 103-117, 2020.

CHAGAS, K. *O sensível no trabalho docente: representação social entre docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

CHEN, S-Y.; TSAI, J-C.; LIU, S-Y. e CHANG, C-Y. The effect of a scientific board game on improving creative problem solving skills. *Thinking Skills and Creativity*, v. 41, p. 87-101, 2021.

CLEOPHAS, M. G. e BEDIN, E. Professores, vamos escapar da sala? O escape room como ferramenta didática no ensino de química. *Revista Exitus*, v. 13, p. 1-25, e023005, 2023.

CLEOPHAS, M. G. e CUNHA, M. B. Contribuições da fotografia científica observatória (FoCO) para o ensino por investigação. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e*

Luisa Natalia Parra Sierra (luisanpsierra@gmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). **Henrique Cesar Linhares Almeida** (henrique.almeida@unila.edu.br) é bacharel em Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), mestre em Ciência do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UESC) e doutor em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é Docente Efetivo da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). **Maria das Graças Cleophas** (maria.porto@unila.edu.br) é doutora em Ensino de Ciências (Ensino de Química) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atualmente é Professora Associada da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA).

Tecnologia, v. 13, p. 349-381, 2020.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. e SOARES, M. H. F. B. Afinal de contas, é Jogo Educativo, Didático ou Pedagógico no Ensino de Química/Ciências? Colocando os Pingos nos "Is". In: CLEOPHAS, M. G. e SOARES, M. H. F. B. (Orgs.). *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências: teorias da aprendizagem e outras interfaces*. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 33-43, 2018.

CLEOPHAS, M. G. e SOARES, M. H. F. B. S. (Orgs.). *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências*. São Paulo: Livraria da Física, 2018.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R. e PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. *Cadernos de Educação*, v. 45, n. 1, p. 57-67, 2013.

FARMER, S. C. e SCHUMAN, M. K. A simple card game to teach synthesis in organic chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, v. 93, n. 4, p. 695-698, 2016.

FERNANDES, A. I. e MIRANDA, M. Rethinking science teaching for the 21st century: a SWOT analysis of a multi-strategic model. *Medical Sciences Forum*, v. 37, n. 1, p. 1-5, 2025.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H. e WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

GEE, J. P. *What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy*. New York: Palgrave Macmillan, 2003.

GEE, J. P. Learning by design: Good video games as learning machines. *E-Learning and Digital Media*, v. 2, n. 1, p. 5-16, 2005.

GUBA, E. G. e LINCOLN, Y. S. Competing paradigms in qualitative research. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, p. 105-117, 1994.

JIMÉNEZ-VALVERDE, G.; FABRE-MITJANS, N. e GUIMERÀ-BALLESTA G. Games and Playful Activities to Learn About the Nature of Science. *Encyclopedia*, v. 5, n. 4, p. 1-23, 2025.

KAPP, K. M. *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

KISHIMOTO, T. M. *O jogo e a educação infantil*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

KNUUTTILA, T. e LOETTIGERS, A. Model templates within and between disciplines: from magnets to gases—and socio-

economic systems. *European Journal for Philosophy of Science*, v. 6, p. 377-400, 2016.

KROHL, D. R.; POTRIKUS, B. H. P.; ARAÚJO, K. F.; OLIVEIRA, L. e DUTRA, T. C. Aprendizagem baseada em jogos: reflexões sobre o uso de jogos de tabuleiro durante período de isolamento social na educação matemática. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, v. 11, n. 1, p. 155-180, 2021.

LÓPEZ-FERNÁNDEZ, M. M. e FRANCO-MARISCAL, A. J. Percepciones de estudiantes de secundaria sobre el juego educativo GeneticsHome. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 3, n. 2, p. 1-11, 2019.

LUBBERS, K.; CADWALLADER, J.; LIN, Q.; CLIFFORD, C. e FRAZIER, L. D. Adult play and playfulness: a qualitative exploration of its meanings and importance. *The Journal of Play in Adulthood*, v. 5, n. 2, p. 1-19, 2023.

LYONS, G.; PADDEU, D.; CRAGG, S. e WALLIS, A. Development and demonstration of a “SWOT in a Box” card game to help socialise Triple Access Planning. *Journal of Transport & Health*, v. 38, p. 1-19, 2024.

MARTINS, D. S.; ALMEIDA JUNIOR, O. A.; MORENO, I. S. e XAVIER, G. Tabuleiro com História: Uma abordagem de aprendizagem baseada em jogos com aprendizagem tangencial. *Anais do XIII Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação*, p. 181-189, 2019.

MAYER, R. E. e WITTRICK, M. C. Problem-solving transfer. In: BERLINER, D. C. e CALFEE, R. C. *Handbook of educational psychology*. New York: Macmillan, p. 47-62, 1996.

MHE. Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Ebert. Disponível em: <https://museuhe.com.br/minerais>, acesso em jun. 2025.

MOLVINGER, K.; LAUTIER, G. e AYRAL, R.-M. Using games to build and improve 10th grade students’ understanding of the concept of chemical bonding and the representation of molecules. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 2, p. 319-329, 2021.

MUKHOPADHYAY, R. Problem Solving In Science Learning - Some Important Considerations of a Teacher. *IOSR-Journal of Humanities and Social Science*, v. 8, n. 6, p. 21-25, 2013.

NOGUEIRA, J. S.; SANTOS, W. M. G. e CAVALCANTI, E. L. D. Atitudes e intencionalidades com um jogo educativo formalizado: reflexões sobre a ação de um programa de formação do professor de Química. *Química Nova na Escola*, v. 46, n. 3, p. 1-11, 2023.

OSBORNE, J.; SIMON, S. e COLLINS, S. Attitude towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 9, p. 1049-1079, 2003.

PARRA SIERRA, L. N. “Minerais em Kepler” Jogo Didático como Ferramenta no Ensino de Mineralogia: Perspectivas dos Alunos de Ensino Básico e Superior. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química, Universidade Federal da Integração Latino Americana, Foz do Iguaçu-PR, 2022.

PARTONO, P.; WARDHANI, H. N.; SETYOWATI, N. I.; TSALITSA, A. e PUTRI, S. N. Strategi meningkatkan kompetensi 4C (critical thinking, creativity, communication, & collaborative). *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, v. 14, n. 1, p. 41-52, 2021.

PEREIRA, C. e REZENDE, D. Representações Sociais da Química: como um grupo de estudantes da educação de jovens e adultos significa o termo “química”? *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p. 369-374, 2016.

PLASS, J. L.; HOMER, B. D. e KINZER, C. K. Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, v. 50, n. 4, p. 258-283, 2015.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n. 3, p. 223-231, 2004.

RENNAR-POTACCO, D.; ORELLANA, A. e RAMIREZ-LEVINE, R. The evolution of a rocks and minerals challenge game design. *International Journal of Designs for Learning*, v. 11, n. 2, p. 27-38, 2020.

REZENDE, F. A. M. e SOARES, M. H. F. B. Articulação teórica entre os atributos do jogo para a aprendizagem e a classificação do jogo em Roger Caillois: possibilidades para o ensino de química. *Ensino & Multidisciplinaridade*, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2023.

RIZKI, N.; LAILA, A. R. N.; INGANAH, S. e DARMAYANTI, R. Analysis of mathematic connection ability in mathematics problem solving reviewed from student’s self-confidence. *Seminar Nasional Teknologi Pembelajaran*, v. 2, n. 1, p. 111-126, 2022.

SANTANA, E. M. e REZENDE, D. B. *O Uso de Jogos no ensino e aprendizagem de Química: Uma visão dos alunos do 9º ano do ensino fundamental*. Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0125-1.pdf>, acesso em abril 2026.

SANTOMÉ, J. T. *Globalização e Interdisciplinaridade: O Currículo Integrado*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

SHAHMORADI, L.; MOHAMMADIAN, F.; RAHMANI KATIGARI, M. A Systematic Review on Serious Games in Attention Rehabilitation and Their Effects. *Behavioural Neurology*, v. 2022, 2017975, p. 1-32, 2022.

SILVA JÚNIOR, J. N.; LEITE JUNIOR, A. J. M.; WINUM, J. -Y.; BASSO, A.; SOUSA, U. S.; NASCIMENTO, D. M. e ALVES, S. M. HSG400 – Design, implementation, and evaluation of a hybrid board game for aiding chemistry and chemical engineering students in the review of stereochemistry during and after the COVID-19 pandemic. *Education for Chemical Engineers*, v. 36, p. 90-99, 2021.

SJÖSTRÖM, J. e TALANQUER, V. Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problemization. *Journal of Chemical Education*, v. 91, n. 8, p. 1125-1131, 2014.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química. Goiânia: Kelps, 2013.

SOUZA, A. E. e CLEOPHAS, M. G. Proposta de construção do jogo didático domi-DU para o ensino e aprendizagem da química com base no enlace entre os princípios do desenho universal e a didatização lúdica. In: GÓES, A. R. T. e COSTA, P. K. A. (orgs.). *Desenho universal e desenho universal para aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para educação inclusiva*. São Carlos: Pedro & João Editores, p. 54- 71, 2022.

SPANDLER, C. Mineral Supertrumps: A New Card Game to Assist Learning of Mineralogy. *Journal of Geoscience Education*, v. 64, n. 2, p. 108-114, 2016.

SPANOS, A. *Games of History: Games and Gaming as Historical Sources*. Milton Park: Routledge, 2021.

STOJANOVSKA, M. e VELEVSKA, B. Chemistry Games in the Classroom: A Pilot Study. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, v. 1, n. 2, p. 113-142, 2018.

SUART, R. e SOUZA, J. Jogos didáticos no ensino de química para a promoção de habilidades cognitivas. In: CLEOPHAS, M. G. e SOARES, M. H. F. B. *Didatização lúdica no ensino de ciências: teorias da aprendizagem e outras interfaces*. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 81-100, 2018.

TARRÉS, M. A. e CULLELL, I. F. Playing or learning? Playful learning in teacher's musical training. *Revista Electrónica*, v. 18, p. 83-110, 2021.

TSAI, J.-C.; CHEN, S.-Y.; CHANG, C.-Y. e LIU, S. -Y. Element Enterprise Tycoon: Playing Board Games to Learn Chemistry in Daily Life. *Education Sciences*, v. 10, n. 3, p. 1-11, 2020.

VIANA, L. M. R. e CLEOPHAS, M. G. Explorando os fatores preditivos da afetividade em um Jogo de Realidade Alternativa: o caso 'renegado científico'. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 7, p. 242-257, 2023.

Abstract: *Mining knowledge in Kepler: a formalized educational game that unveils mineralogy for High School students.* This study presents the game *Minerals in Kepler* as a playful didactic proposal for teaching mineralogy in high school. The research involved the development of the game, its application with students, and pedagogical analysis through a Free Word Association Test, a semi-structured questionnaire, and a SWOT analysis with teachers. The results indicated high student engagement and a positive evaluation of the activity. However, they revealed limited prior knowledge about mineralogy, predominantly associated with everyday life. The SWOT analysis highlighted the conceptual quality and interdisciplinary potential of the game as strengths, while the main limitations involved the complexity of the rules and the time required for its application.

Keywords: SWOT analysis, playful, chemistry teaching, playful didactics



Carolina Santos Bonfim e Roseline Beatriz Strieder

Neste estudo, são apresentadas atividades experimentais desenvolvidas com o objetivo de investigar como o relevo pode influenciar a acidez e a alcalinidade do solo. As práticas foram realizadas em uma escola pública de Mato Grosso, no contexto de um projeto que incentiva meninas a seguirem carreiras científicas, e são voltadas para estudantes do 2º ano do ensino médio. Explorou-se, em campo e em laboratório, a seguinte problemática: “como estimar a acidez de solos em diferentes relevos?”. Por meio de experimentos acessíveis, de baixo custo e sustentáveis aqui descritos, podem ser promovidas discussões sobre conceitos de ácido, base e indicadores, relacionando-os ao pH. Além disso, tais iniciativas podem estimular reflexões sobre a formação do relevo, sua influência na qualidade e manutenção do solo e os impactos socioambientais associados.

► ensino médio, ensino por investigação, extratos vegetais ◀

327

Recebido em 14/07/2025; aceito em 17/04/2026

Introdução

Em muitas aulas de química, especialmente quando envolvem experimentação, os estudantes seguem roteiros de forma automática, sem refletir sobre o que estão fazendo. No geral, as atividades experimentais limitam-se à reprodução mecânica de procedimentos e à verificação de teorias, reforçando uma visão simplista da natureza da ciência (Rezende *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2019; Bonfim *et al.*, 2022).

Os documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), recomendam a utilização da experimentação em sala de aula, com ênfase na relação experimento-teoria, bem como a incorporação da interdisciplinaridade, da contextualização e da resolução de problemas (Silva *et al.*, 2019; Strieder e Watanabe, 2018). À luz desses referenciais, reitera-se a importância de situar socialmente os conhecimentos científicos, de modo a promover o engajamento dos estudantes em problemáticas que emergem de suas próprias realidades. Uma das possibilidades para a efetivação desses propósitos consiste na adoção de atividades investigativas. Porém, continuam escassos os materiais didáticos destinados a atividades dessa natureza (Rezende *et al.*, 2024).

Frente ao exposto, este trabalho descreve práticas de

campo e de laboratório, com o objetivo de investigar as condições de acidez e alcalinidade dos solos em função do relevo. O estudo ocorreu no âmbito de um projeto que visa incentivar a inserção de meninas em carreiras científicas, contando com a participação de cinco alunas do 2º ano do ensino médio. A sequência investigativa foi inspirada em Silva *et al.* (2019), cuja abordagem prevê: formulação de um problema, levantamento de hipóteses, planejamento e execução dos experimentos, análise dos dados e a resposta à questão inicial.

As atividades basearam-se em uma situação-problema real: “Como avaliar a acidez de solos com variações de relevo?”, questionamento que possibilita articulações entre conceitos científicos e o contexto local. Além de aproximar a química de outras áreas de conhecimento, como biologia e geografia. A partir disso, emergiram novos questionamentos, estimulados pela professora e apontados pelas alunas: Por que trabalhar a relação entre pH e relevo? Como mapear e coletar solos? Qual o método mais indicado para medir o pH do solo? Quais indicadores utilizar? Tais perguntas orientaram toda a condução da investigação. As atividades executadas são acessíveis, de baixo custo e podem favorecer discussões sobre temas como erosão, formação, composição química e poluição de solos. Além disso, são incipientes

estudos que vinculem solo, pH e relevo no ensino de química, já que muitos estudos têm focado apenas na relação pH-solo ou em indicadores vegetais.

Por que trabalhar a relação entre pH e relevo?

O relevo é um dos fatores que controlam a gênese do solo, bem como a composição da rocha-mãe, grau de fraturamento, clima, atuação biológica e tempo de exposição (Teixeira *et al.*, 2000). O pH é um dos principais parâmetros físico-químicos que podem ser aferidos tanto em laboratório quanto *in loco*. No meio ambiente, o que inclui os solos, alterações nas relações de acidez e basicidade podem ser determinantes para a manutenção ou extermínio de comunidades vegetais e microbianas (Antunes *et al.*, 2009). Assim, o estudo desse parâmetro em materiais pedológicos possui aplicações em diversas áreas, como agronomia, ciências ambientais e florestais.

Diversos fatores influenciam o pH do solo, entre eles, a composição dos argilominerais, o teor de matéria orgânica (MO) e o grau de encharcamento (Teixeira *et al.*, 2000). Os dois últimos apresentam íntima relação com o relevo, visto que regiões rebaixadas (baixios, brejos e pântanos) favorecem o acúmulo de água e de MO. Solos ricos em MO, que geralmente está estocada nos horizontes A, O ou H, tendem a apresentar pH mais baixo devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos, resultantes da decomposição de organismos, especialmente vegetais (Rosa e Rocha, 2003).

Os indicadores ácido-base naturais, como o extrato de repolho roxo, oferecem uma alternativa acessível e biodegradável para monitorar a acidez dos solos (GEPEQ, 1998; Antunes *et al.*, 2009). Contudo, em solos ricos em óxido férrico (Fe_2O_3 , correspondente ao mineral hematita), a tonalidade avermelhada interfere na resposta do extrato, o que evidencia a necessidade de buscar indicadores mais adequados.

O uso do extrato de repolho roxo, nesse sentido, abriu caminho para a exploração de outros extratos vegetais, ampliando as possibilidades de investigação e de práticas no ensino de química (Cunha e Lima, 2022). Pesquisas relatam experimentos com uva, amora e beterraba (Dias *et al.*, 2003), além de flores, como azaleia, lobeira e helicônia

(Gouveia-Matos, 1999; Guimarães *et al.*, 2012; Queiroz *et al.*, 2019). A leitura desses e dos demais textos citados guiou a construção das atividades aqui apresentadas e pode subsidiar o desenvolvimento de práticas similares.

Descrição e discussão das atividades

As atividades realizadas foram organizadas em duas partes: (i) mapeamento e coleta de amostras de solo com variações de relevo; (ii) avaliação de extratos vegetais alternativos como indicadores de pH. Ressalta-se, em consonância com Silva *et al.* (2019), que tais práticas devem ser conduzidas pelos estudantes em um processo dialógico, evitando-se abordagens meramente diretivas.

Como mapear e coletar amostras de solo em áreas com variações de relevo?

Em ambientes naturais, alterações na composição do substrato rochoso, na umidade, no relevo ou na vegetação tendem a produzir mudanças nas características dos solos, incluindo na acidez. Partindo dessa premissa, buscamos, com o auxílio do *Google Maps*, uma região com variação de relevo em uma distância percorrível a pé e próxima à escola, o que proporcionaria a amostragem de solos com características distintas, abrindo espaço para reflexões sobre os

[...] as alunas coletaram amostras de solo em três pontos em relevo ondulado no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e mais quatro pontos adjacentes à universidade. As coordenadas geográficas dos locais amostrados foram registradas com o auxílio do aplicativo “Salva-Locais”.

aspectos ambientais

Para tal, as alunas coletaram amostras de solo em três pontos em relevo ondulado no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e mais quatro pontos adjacentes à universidade. As coordenadas geográficas dos locais amostrados foram registradas com o auxílio do aplicativo “Salva-Locais” (Quadro 1). Sob intervenção da professora, elas observaram e descreveram o relevo, vegetação e características do solo (cor, umidade, arenosidade e argilosidade – para mais informações sobre tipos de solos, acessar o site da EMBRAPA. Em seguida, coletaram os solos dos horizontes superficiais, usando uma espátula esterilizada com álcool 70° INPM, e os armazenaram em coletores universais.

Os pontos foram plotados em mapa no *Google Earth Pro* (Figura 1), com a ferramenta “Adicionar marcador”,

Quadro 1: Pontos amostrados e características de algumas das amostras coletadas

Ponto	Relevo	Coordenadas Geográficas	Características do Solo
1	topo de morrote, suave ondulado	latitude: -15,612684 longitude: -56,069514	marrom claro arenoso com detritos rochosos, levemente úmido
2	baixada em relevo suave ondulado, ambiente característico de brejo	latitude: -15,612074 longitude: -56,068228	marrom escuro argiloso, encharcado
3	topo de morrote, suave ondulado a plano	latitude: -15,610427 longitude: -56,066434	marrom alaranjado arenoso, seco

conforme as coordenadas de campo. Após a confecção dos mapas que detalharam o local investigado, iniciamos a coleta de amostras. Os pontos 2, 5 e 6 são de menor elevação e os pontos 1, 3, 4 e 7 de maior elevação. O perfil topográfico (Figura 2), que demonstra as variações de altitude, foi gerado com o *software Google Earth Pro*, utilizando-se a função “régua”, na aba “caminho”, com a opção “Exibir perfil de elevação”.

Qual indicador de pH é mais indicado?

De início, optamos pelo extrato de repolho roxo em água destilada, por ser considerado um indicador universal, com ampla variação de pH e detectável pela mudança de coloração. As alunas obtiveram o extrato seguindo o procedimento do GEPEQ (1998). Nesse momento, discutiu-se com as estudantes as propriedades das antocianinas, cuja interação com íons H^+ resulta em alterações eletrônicas responsáveis pela mudança de coloração. Informações complementares sobre antocianinas podem ser encontradas em Guimarães *et al.* (2012).

Para estimar a acidez dos solos, a professora apresentou dois métodos para as alunas: 1) análise direta com extrato de repolho roxo; 2) análise após 30 minutos em água destilada. No primeiro método, adicionou-se 100 mL de extrato às amostras secas. No segundo, as amostras foram previamente misturadas com 100 mL de água destilada, e após 30 minutos, retirou-se uma alíquota de 5 mL do sobrenadante de cada uma para a adição do extrato. Na determinação do pH por comparação de cores, as alunas utilizaram a escala do GEPEQ (1998). Para as amostras do método 1 (Figura

3a), a coloração indicou pH levemente ácido (em torno de 5) no ponto 1 e menos ácido (por volta de 6) no ponto 2. Esperava-se maior acidez nos locais mais baixos, como é característico de brejos (ponto 2; Figura 2), em função do acúmulo de matéria orgânica produtora de ácidos (fúlvico e húmico), o que não se confirmou. No ponto 3 (Figura 3b), não foi possível aferir o pH, uma vez que o extrato de repolho roxo se mostrou ineficaz para solos avermelhados, devido ao mascaramento dos resultados.

Utilizamos o método 2 (Figura 3c) com o intuito de avaliar variações no pH das amostras, supondo que o meio aquoso e o maior tempo de reação favoreceriam a ionização de H^+ . Contudo, esse método mostrou-se menos eficaz do que o método 1, pois a variação colorimétrica (e de pH) foi inexpressiva (Figura 3d). Diante dos resultados inconclusivos, iniciamos novas investigações para encontrar um indicador e método mais adequados. Esse processo é muito importante, pois a prática científica envolve erros, frustrações e a necessidade de novas tentativas, conforme discutido com as alunas.

Estudo dos extrativos

Na busca por um indicador mais apropriado, as alunas, juntamente com a professora, selecionaram flores em tons de azul, roxo, rosa e vermelho nas proximidades da escola. Aproveitou-se esse momento para explicar que tais tonalidades derivam da presença de antocianinas (Guimarães *et al.*, 2012). As espécies escolhidas (Quadro 2) são típicas do Cerrado brasileiro e foram identificadas via aplicativo *Google Lens*, o que possibilitou a pesquisa de suas características botânicas.



Figura 1: Mapa de localização dos pontos sobre imagem de satélite *Google Earth Pro* 2023.



Figura 2: Perfil topográfico dos pontos 1, 2 e 3, coletados na UFMT.

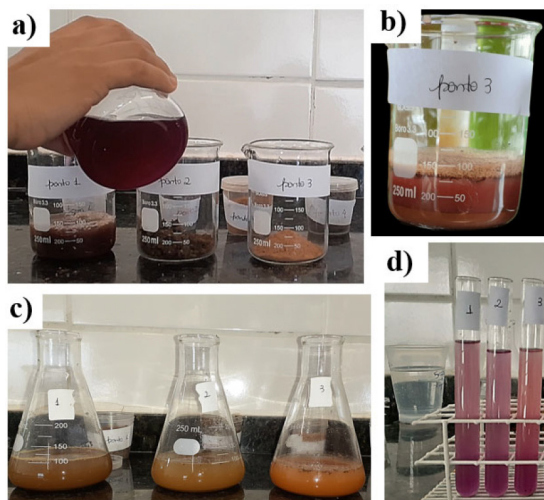


Figura 3: a) método 1. b) método 2. c) resultado do ponto 3 – método 1. d) resultado do método 2.

Para obtenção dos extratos de cravo-do-mato, ipê rosa e jacarandá mimoso, utilizamos álcool 70° INPM, conforme Oliveira *et al.* (2022). Já os extratos de borboleta azul e flamboyant foram preparados com etanol a 99%, na proporção de 1 g da flor para 1 mL de solvente, seguindo Okumura *et al.* (2002). O segundo método resultou em extratos mais concentrados e com cores mais vivas. Com a cromatografia em papel (Figura 4), as alunas identificaram as antocianidinas (forma livre de açúcares das antocianinas; Quadro 2), também adotando o método proposto por Okumura *et al.* (2002).

Assim, as antocianidinas foram detectadas por meio da comparação do fator de retenção (RF) calculado para cada mancha com os valores de referência disponíveis na literatura. Em seguida, as alunas construíram uma câmara escura (Figura 5) para a revelação ultravioleta de possíveis manchas, com materiais de baixo custo, como folha de acetato, caixa de papelão, refletor LED de 18 W de luz negra e tinta preta. Nesse sistema, constatamos uma mancha (Figura 4c) que eluía até o limite da fase estacionária para os extratos de jacarandá mimoso e de borboleta azul.

No entanto, as alunas não conseguiram identificar de

qual substância se tratava. Esse resultado suportou a reflexão sobre como o conhecimento científico está em constante construção.

Sob orientação da professora, as alunas elaboraram escalas de pH para cada um dos extratos obtidos. Para isso, utilizaram materiais do cotidiano, como vinagre (pH = 3,0), leite de magnésia (pH = 10,5) e soda cáustica (pH = 13,5), bem como substâncias comuns em laboratório, como ácido clorídrico (HCl 0,1 M – pH = 1,0) e água destilada Asfer, cujo pH foi consultado na Ficha de Segurança do Produto Químico da marca (pH = 7,0). Como o pH geralmente não consta nos rótulos dos produtos, as alunas recorreram ao site *InfoEscola* (Cardoso, sem data) para consultar essas informações. Em seguida, os valores foram conferidos por meio de medições com fita de pH (MERCK). Nesse processo, alguns resultados foram ajustados, por exemplo, o NaOH passou de pH 14 para pH 13,5 e o vinagre de pH 3,4 para pH 3,0.

Vale destacar que as alunas trabalharam com aproximações, já que certos valores são apresentados em intervalos, como ocorre com vinagre e água destilada. Além disso, os materiais escolhidos (tanto de laboratório quanto de uso cotidiano) podem apresentar variações de pH conforme concentração, processo de obtenção, fabricante, lote e condições de armazenamento.

O Quadro 3 ilustra a relação entre as cores obtidas e o pH. Para uma nova análise de pH das amostras de solo, adotou-se o método proposto por Antunes *et al.* (2009), realizando as seguintes adaptações: a cada 10 g de solo seco e peneirado, adicionou-se 25 mL de CaCl_2 0,01 mol/L. Em seguida, as misturas foram agitadas a cada 10 minutos durante uma hora. Transcorrido esse tempo, retirou-se alíquotas de 4 mL, transferidas para um tubo de ensaio, às quais foram acrescidas três gotas de indicador. Observou-se o comportamento dos sistemas.

Em função da concentração e escala de variação do pH, optamos por utilizar extrato de borboleta azul para aferir o pH das amostras (Figura 6). Contudo, após a adição do extrato, verificou-se que a variação de cores obtida abrangia uma faixa relativamente ampla, entre pH 7,0 e 10,5. Nesse

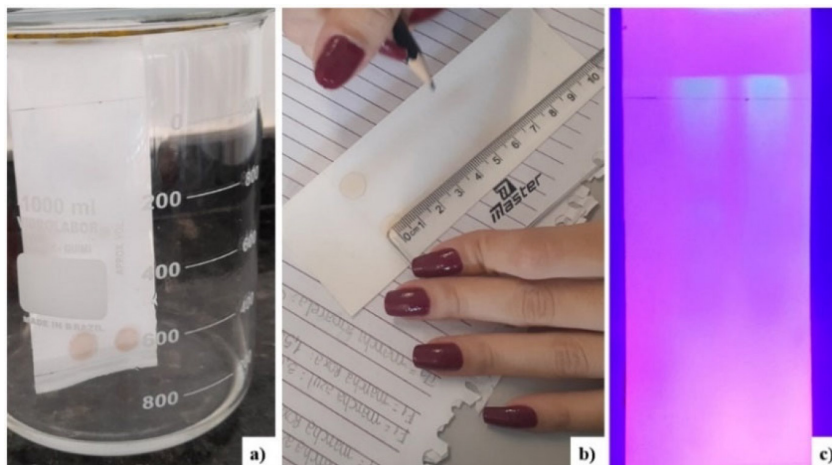


Figura 4: a) eluição do extrato de jacarandá mimoso. b) demonstração do cálculo de RF feito por uma das alunas. c) mancha sensível à luz UV obtida a partir da eluição do extrato de flor de jacarandá mimoso.

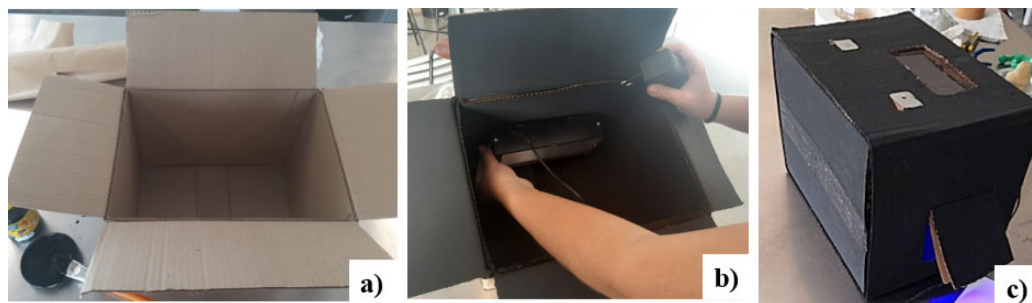


Figura 5: construção da câmara escura para possíveis revelações de manchas no ultravioleta.

Quadro 2: Nomes popular e científico das espécies de flores escolhidas, coloração dos extratos e antocianidinas identificadas pelas alunas, conforme orientação da professora

Nome Popular	Nome Científico	Cor da Flor	Coloração do Extrato	Antocianidinas Identificadas
cravo-do-mato	<i>Tillandsia stricta</i>	roxa	roxo	petunidina delfinidina
flamboyant	<i>Delonix regia</i>	vermelha	vermelho	petunidina
borboleta azul	<i>Clitoria ternatea</i>	azul escuro	azul escuro	delfinidina
ipê rosa	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	rosa	castanho	petunidina delfinidina
jacarandá mimoso	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	azul-arroxeadada	castanho escuro	petunidina

Quadro 3: Escalas de cores em função do pH feitas pelas alunas

Indicador	1,0	3,0	7,0	10,5	13,5
Cravo-do-mato ou tillandsia					
Flor de flamboyant					
Flor de borboleta azul					
Flor de ipê rosa					
Flor de jacarandá mimoso					

intervalo, as tonalidades observadas variaram principalmente entre roxo e azul, sem atingir plenamente o verde. Para obter uma estimativa mais precisa do valor de pH, utilizou-se fita indicadora de pH, que, de certa forma, também serviu como referência para calibrar o novo espectro de cores em relação ao pH. Observou-se, ainda, que as escalas de pH obtidas para a flor de borboleta azul e para o cravo-do-mato apresentaram maior semelhança com o comportamento do extrato de repolho roxo. Nesse sentido, seria pertinente que estudos

futuros investigassem como esses extratos se comportam ao longo de toda a escala de pH. Os resultados coincidiram com a hipótese proposta inicialmente, de que os pontos de relevo mais baixo seriam mais ácidos (2, 5 e 6) e os pontos de relevo mais alto seriam, no mínimo, menos ácidos (1, 3, 4 e 7), sendo a variação observada no pH não superior a 2. Reconhecemos que a adoção do método de Antunes *et al.* (2009) desde as primeiras etapas poderia ter gerado melhores resultados. Esse momento foi propício para discutir que ajustes metodológicos fazem parte da própria dinâmica da prática científica, marcada por tentativas, revisões e aprendizados coletivos.

Considerações finais

O presente estudo, desenvolvido no âmbito de um projeto, evidenciou o potencial das atividades investigativas no ensino de química ao relacionar conceitos científicos com problemáticas reais, como a relação entre o pH dos solos e variações de relevo. A elaboração de instrumentos acessíveis, a comparação entre diferentes métodos e a adaptação

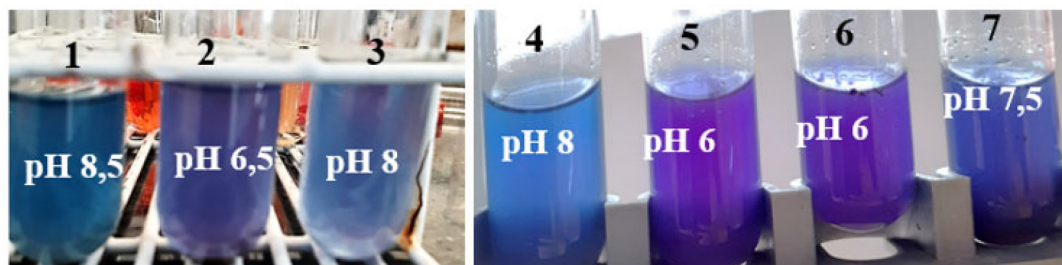


Figura 6: Tubos de ensaio contendo as amostras dos pontos 1 a 7 com extrato de borboleta azul.

de procedimentos favoreceram a compreensão das alunas sobre o caráter provisório da ciência, ao mesmo tempo em que reconheceram suas limitações inerentes. Os resultados confirmaram a hipótese inicial sobre a maior acidez em áreas de menor elevação e, ao utilizar extratos vegetais como indicadores, ampliam-se as possibilidades de práticas pedagógicas mais sustentáveis.

Consideramos que a leitura de textos, a formulação de hipóteses, a coleta e interpretação de dados podem estimular a participação ativa dos estudantes, aproximando-os da linguagem científica. Não obstante, é fundamental reconhecer os desafios potenciais, como as dificuldades em lidar com uma abordagem nova, o tempo necessário para a realização das atividades, a necessidade de conhecimentos prévios por parte dos estudantes e a capacidade de desenvolver práticas contextualizadas e colaborativas, tanto em campo quanto em laboratório. Espera-se que esta iniciativa, direcionada ao 2º ano do ensino médio, inspire professores a desenvolverem propostas semelhantes, ajustadas às suas realidades.

Referências

- ANTUNES, M.; ADAMATTI, D.; PACHECO, M. A. R. e GIOVANELA, M. pH do solo: determinação com indicadores ácido-base no ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 283-287, 2009.
- BONFIM, C. S.; STRIEDER, R. B. e MACHADO, P. F. L. Articulações entre educação CTS e natureza da ciência na pesquisa em educação em ciências, *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 15, n. 2, p. 307-333, 2022.
- CARDOSO, M. *Escala de pH*. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/escala-de-ph/>, acesso em mar. 2026.
- CUNHA, M. e LIMA, F. O. A saga do repolho roxo no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 295-304, 2022.
- DIAS, V. Z.; GUIMARÃES, P. I. e MERÇON, F. Extração e emprego como indicadores de pH. *Química Nova na Escola*, v. 17, n. 2, p. 27-31, 2003.
- EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>, acesso em abr. 2026.
- GEPEQ. Experiências sobre solos. *Química Nova na Escola*, v. 8, p. 39-41, 1998.
- GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R. e ANTONIOSI FILHO, N. R. Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas. *Química Nova*, v. 35, n. 8, p. 1673-1679, 2012.
- GOUVEIA-MATOS, J. A. M. Mudança nas cores dos extratos

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo apoio financeiro através do Programa de Pesquisa e Inovação na Escola- PIE (edital FAPEMAT Nº. 002/2022). Às (então) alunas participantes e coexecutoras do projeto.

Carolina Santos Bonfim (carol.sb88@gmail.com) é bacharel e licenciada em Química pela Universidade Federal da Bahia e mestra em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC-UFBA/UEFES) da mesma universidade. É doutora em Educação em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade de Brasília (UnB), com estágio sanduíche na Universidade de Lisboa. **Roseline Beatriz Strieder** (roseline.s@ufsc.br) é licenciada em Física pela Universidade Federal de Santa Maria, mestre e doutora em Ciências (Ensino de Física) pela Universidade de São Paulo. Tem Pós-doutorado pela Universidad de Zaragoza. Atualmente é Professora Associada do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina vinculada ao Núcleo de Pesquisa em Ensino de Física.

de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, v. 10, n. 6, p. 6-10, 1999.

OLIVEIRA, W. S.; SOUSA, P. S. A. e COLE, T. S. S. Produção de indicadores ácido-base naturais em solução e em papel a partir de extratos de plantas com potencial aplicação no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 45, n. 2, p. 131-141, 2023.

OKUMURA, F.; SOARES, M. H. F. B. e CAVALHEIRO, E. T. G. Identificação de pigmentos naturais de espécies vegetais utilizando-se cromatografia em papel. *Química Nova*, v. 25, n. 4, p. 680-683, 2002.

QUEIROZ, D. L.; MARTINS, A. C. e FERNANDES, C. C. Determinação de pH: utilização de materiais alternativos para ensino de química. *Scientia Naturalis*, v. 1, n. 1, p. 51-59, 2019.

SILVA, R.R.; MACHADO, P. F. L. e TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: MALDANER, O. A. e MACHADO, P. F. L. (orgs.). *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2019.

STRIEDER, R. B. e WATANABE, G. Atividades investigativas na educação científica: dimensões e perspectivas em diálogos com o ENCI. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 819-849, 2018.

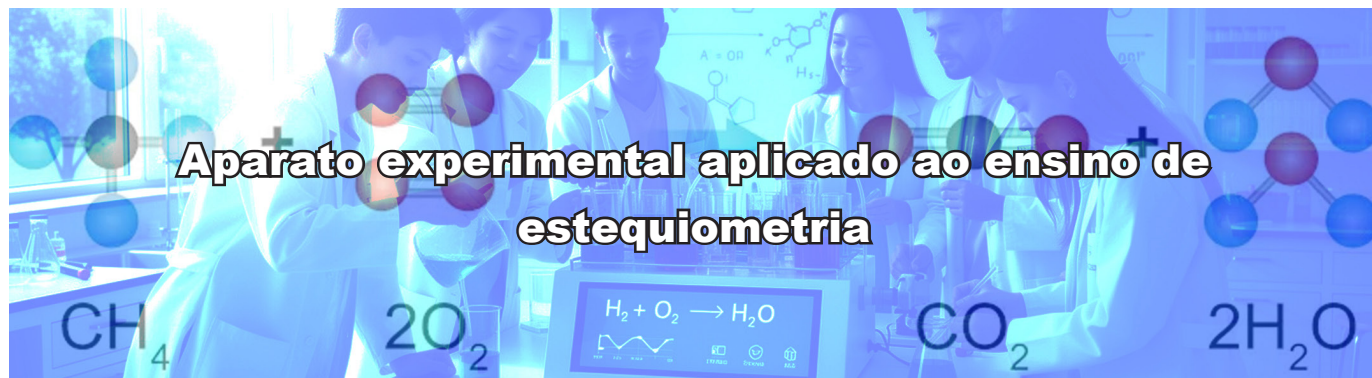
REZENDE, A. A. N.; SIQUEIRA, C. C.; RIBEIRO, L. A.; OPENHEIMER, M. M. e ROZENTALSKI, E. F. Uma proposta investigativa para a identificação de ácidos e bases no cotidiano. *Química Nova na Escola*, v. 46, n. 1, p. 32-36, 2024.

TEIXEIRA, W.; TAIOLI, F. e FAIRCHILD, T. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

ROSA, A. H. e ROCHA, J. C. Fluxos de matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida. *Química Nova na Escola*, v. 5, p. 7-17, 2003.

Abstract: *Evaluating the pH-relief relationship: an investigative practice in chemistry teaching.* In this study, experimental activities are presented to investigate how terrain influences soil acidity and alkalinity. The practices were carried out at a public school in Mato Grosso, within the context of a project that encourages girls to pursue scientific careers, and are aimed at 11th-grade students. The following problem was explored, both in the field and the laboratory: "How to estimate the acidity of soils in different terrains?" Through accessible, low-cost, and sustainable experiments described here, discussions about the concepts of acids, bases, and indicators can be promoted, with an emphasis on their relationship with pH. Furthermore, such initiatives can stimulate reflections on the formation of terrain, its influence on soil quality, and the associated environmental impacts.

Keywords: high school, inquiry-based learning, plant extracts



Aparato experimental aplicado ao ensino de estequiometria

Welica P. S. Freitas e Alem-Mar B. Goncalves

Este trabalho apresenta um aparato experimental confeccionado em MDF como recurso didático para o ensino de balanceamento químico. O material é de custo acessível, seguro e reutilizável, podendo ser facilmente replicado em escolas com infraestrutura limitada. A proposta busca apoiar professores na transposição didática de conceitos abstratos da estequiometria, articulando os níveis simbólico, macroscópico e submicroscópico da representação química. Ao aliar simplicidade, sustentabilidade e potencial pedagógico, o recurso amplia as possibilidades de ensino de estequiometria, superando abordagens reducionistas centradas apenas no algoritmo do balanceamento.

► ensino de química, balanceamento químico, estequiometria, recurso didático ◀

333

Recebido em 13/09/2025; aceito em 04/12/2025

Introdução

O ensino de estequiometria ocupa um lugar central na Educação em Química, tanto por seu papel na compreensão das transformações da matéria quanto por sua reconhecida dificuldade histórica de aprendizagem. Conceitualmente, a estequiometria estuda as relações quantitativas entre reagentes e produtos, fundamentando-se na conservação da massa e nas proporções definidas de átomos que constituem as substâncias (Brown *et al.*, 2014). Em termos gerais, envolve a interpretação de equações químicas, o estabelecimento de proporções entre quantidades de matéria e a conversão entre mol, massa e número de partículas.

Apesar dessa relevância, muitos estudantes concluem a Educação Básica dominando apenas o algoritmo do balanceamento, sem compreender seus significados conceituais (Gomes e Macedo, 2007). Essa dissociação entre cálculo e significado tem motivado diferentes propostas de mediação didática, fundamentadas no uso de analogias, modelos, experimentos acessíveis e tecnologias digitais (Bílek e

Niaz e Lawson (1985), ao investigarem a aprendizagem do balanceamento via método de tentativa e erro, concluíram que mesmo equações simples exigem um padrão de raciocínio formal hipotético-dedutivo.

Nodzyńska, 2018; Ferry *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2021).

Esses desafios podem ser compreendidos à luz dos três níveis de representação, macroscópico, submicroscópico e simbólico, propostos por Johnstone (1982). Para esse autor, as dificuldades

surgem quando esses níveis são trabalhados de forma isolada, sobretudo quando o ensino privilegia apenas o nível simbólico. Por isso, recursos que articulem simultaneamente esses três domínios tornam-se fundamentais para promover aprendizagens mais significativas.

Ademais, estudos clássicos em ensino de ciências indicam que as dificuldades dos estudantes vão além do aspecto procedimental. Niaz e Lawson (1985), ao investigarem a aprendizagem do balanceamento via método de tentativa e erro, concluíram que mesmo equações simples exigem um padrão de raciocínio formal hipotético-dedutivo. Os autores também observaram que equações mais complexas, que demandam múltiplos passos de tentativa e erro, impõem maiores exigências à capacidade mental de processamento dos estudantes. Assim, a dificuldade de aprendizagem não

está apenas na falta de treino ou de algoritmos, mas na própria estrutura cognitiva exigida pela tarefa, o que reforça a necessidade de recursos didáticos que apoiem esse processo de raciocínio.

Nesse campo, diversas iniciativas têm buscado alternativas didáticas para o ensino de estequiometria. Ferry *et al.* (2022) desenvolveram o *sanduíche estequiométrico*, um recurso tátil voltado a estudantes com deficiência visual. Posteriormente, Ferry e Assis (2024) analisaram a analogia da receita culinária presente em livros didáticos brasileiros, mostrando que, embora consistente, costuma ser utilizada de forma superficial, sem contemplar aspectos como reagente limitante, pureza e rendimento. Assis (2020) também discutiu o potencial de modelos analógicos, propondo a “balança de equações” como recurso mediador, destacando seu potencial motivador e seus limites de simplificação. Cazzaro (1999) sugeriu o uso de comprimidos efervescentes para explorar relações de massa, proposta que se distingue pela simplicidade, mas que tende a permanecer ilustrativa e sem aprofundar os múltiplos níveis de representação da Química.

No cenário internacional, Bílek e Nodzyńska (2018) utilizaram jogos digitais baseados na montagem de sanduíches para introduzir a lógica do balanceamento em crianças, evidenciando o potencial do *transfer cognitivo*, ou seja, a aplicação de estratégias aprendidas em um contexto cotidiano para resolver problemas em outro, como o balanceamento químico. Mais recentemente, Hamerská *et al.* (2024) avaliaram o uso do simulador PhET por licenciados em Química e observaram que, mesmo com o suporte visual, os estudantes continuaram a privilegiar o nível simbólico, tratando o balanceamento como um algoritmo. Esses resultados reforçam a crítica de que a ênfase excessiva no simbólico limita a compreensão conceitual da conservação da matéria.

Diante desse panorama, pode-se identificar três grandes movimentos nos estudos: (i) a busca por analogias consistentes (receita, sanduíche, balança) para representar a proporcionalidade química; (ii) o uso de experimentos acessíveis como tentativa de aproximar o conteúdo da realidade escolar; e (iii) a incorporação de jogos e simulações digitais como

recursos motivacionais. Apesar de avanços significativos, permanecem lacunas: a fragmentação entre abordagens, a priorização da dimensão procedimental em detrimento da conceitual e a ausência de propostas que integrem diferentes níveis de representação de forma sistemática e acessível ao professor.

Nesse contexto, o aparato experimental apresentado neste trabalho oferece uma alternativa para superar parte dessas lacunas. Construído em MDF e inspirado na balança de equações, o recurso apoia a compreensão da conservação da matéria e das proporções químicas ao integrar os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, respondendo às dificuldades de transição entre esses domínios (Melo e Silva, 2019). A mediação concreta possibilita observar massas, manipular partículas representadas e relacioná-las às equações químicas. Além de seguro, reutilizável e livre do uso de substâncias tóxicas, o material é adequado às condições reais das escolas, combinando sustentabilidade, baixo custo e fácil replicação, aspectos que justificam a apresentação de sua construção e de suas possibilidades pedagógicas.

Aparato experimental

O material consiste em uma balança de pratos (Figura 1a), feita com peças de MDF cortadas a *laser* fixadas por encaixes e 6 parafusos M3x30 com porcas, que possibilitam a mobilidade dos pratos. Além da estrutura da balança, foi produzido um conjunto de peças representando átomos e moléculas, igualmente recortadas em MDF. Para a modelagem, empregou-se o *software* FreeCAD, um programa gratuito de modelagem 3D, e o corte das peças foi realizado em uma máquina de *laser* de CO₂ de 80 W.

Nesse conjunto, cada elemento químico foi representado por círculos de MDF com diâmetro específico definido para cada átomo. Os modelos de moléculas foram construídos a partir da disposição desses círculos, de forma que a distância entre seus centros fosse cerca de menor que a soma dos “raios atômicos”, promovendo uma leve sobreposição visual que sugere a ligação química. A Figura 1b apresenta

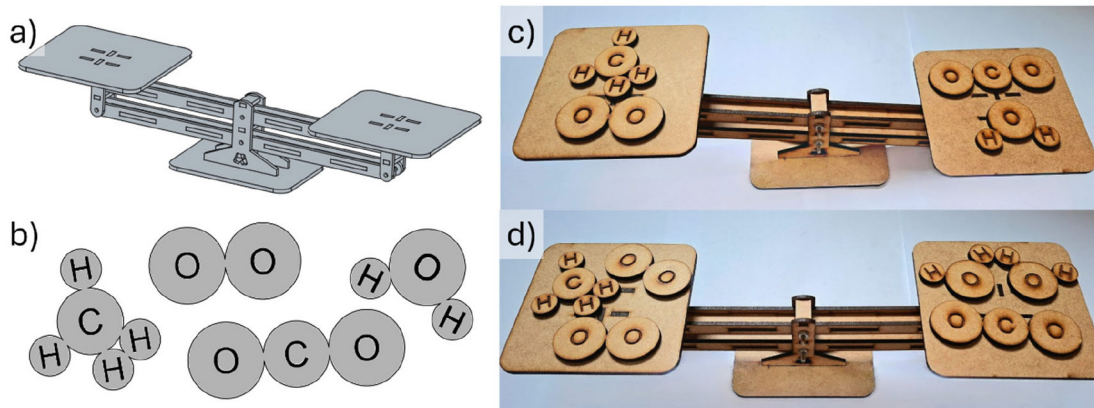


Figura 1: a) Imagem em 3D da balança montada. b) Imagem de quatro modelos de moléculas usados no material. Da esquerda para a direita, de cima para baixo, temos: metano (CH₄), oxigênio (O₂), gás carbônico (CO₂) e água (H₂O). c) Foto da balança montada com a reação $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ desbalanceada. d) Foto da balança com a reação $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ devidamente balanceada. Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

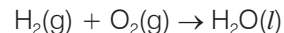
exemplos dos modelos de moléculas construídos. Devido ao uso do MDF e para facilitar o equilíbrio, desenhamos as moléculas em duas dimensões.

A montagem é feita encaixando e colando as peças com supercola instantânea ou cola de madeira. Seis parafusos são utilizados para fixar as hastes aos pratos e à base. O material pode ser facilmente reproduzido a partir dos arquivos de modelagem, bastando encaminhá-los a estabelecimentos que realizam cortes a *laser* em MDF ou acrílico, ou ainda em espaços *maker*, que disponibilizam máquinas de fabricação digital para seus usuários. Tais serviços têm se tornado cada vez mais acessíveis e presentes em diferentes cidades. Todas os arquivos para corte podem ser encontrados no material suplementar.

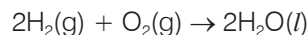
Resultados e discussão

O balanceamento de equações químicas consiste em assegurar que o número de átomos de cada elemento seja equivalente em ambos os lados da reação, atendendo ao princípio da conservação da massa. Em termos conceituais, tal procedimento permite estabelecer uma analogia de caráter gravimétrico, considerando que átomos de um mesmo elemento apresentam massas idênticas (desconsiderando-se, nesse contexto, as diferenças isotópicas, uma vez que não interferem no processo reacional, apenas em valores de massa). Dessa forma, torna-se possível comparar reagentes e produtos como se estivessem em uma balança (Figuras 1c e 1d). O material proposto pode ser utilizado após o balanceamento no papel, para verificar visualmente o resultado, ou diretamente como ferramenta de teste, ajustando as quantidades até alcançar o equilíbrio entre os lados da reação.

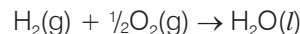
Uma questão importante que deve ser mencionada em relação a esse material é que ele não possibilita trabalhar com quantidades fracionadas. As moléculas são cortadas juntas, não permitindo desmembramento. Por exemplo, o balanceamento da equação



deve ficar



ao invés de



já que a molécula O_2 (Figura 1b) não pode ser separada em dois átomos de oxigênio. Contudo, essa restrição pode ser explorada como oportunidade didática, reforçando a convenção de expressar o balanceamento em números inteiros.

Na Tabela 1, apresentamos um conjunto de reações que são possíveis de trabalhar com o material fornecido como material suplementar. Apesar de apresentarmos essas reações como exemplos, o uso do aparato não se limita a elas, podendo o leitor desenhar novas moléculas e cortá-las em uma máquina a *laser*. Os autores ficam à disposição para auxiliar na construção de outras reações.

A elaboração de novas moléculas também pode ser explorada em sala de aula, incentivando os estudantes a utilizarem ferramentas digitais, como o aplicativo *Tinkercad*², que é gratuito, *online* e de rápido aprendizado. Deve-se atentar para o fato de que os diâmetros devem ser mantidos, caso sejam aproveitados os elementos e moléculas fornecidos aqui junto aos que forem criados. Juntamente com o material suplementar fornecemos uma planilha com os diâmetros que foram utilizados para cada elemento químico.

Como apresentado aqui, o aparato experimental tem como principal contribuição a possibilidade de articular os três níveis de representação da Química (macro, submicro e simbólico) (Melo e Silva, 2019), permitindo trabalhar a conservação da matéria de forma concreta e visual, diferentemente de abordagens que reduzem o balanceamento a um procedimento algorítmico. No nível macroscópico, o movimento dos pratos torna visível a conservação da

Tabela 1: Lista de reações que podem ser realizadas com o material¹.

Reação não balanceada	Reação balanceada
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$	$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$
$\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g})$	$\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g})$
$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$\text{Al}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	$4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HCl}(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$
$\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$	$\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$
$\text{P}_2\text{O}_5(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4(\text{l})$	$\text{P}_2\text{O}_5(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4(\text{l})$
$\text{Al}(\text{s}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{AlCl}_3(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$	$2\text{Al}(\text{s}) + 6\text{HCl}(\text{g}) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
$\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2(\text{l}) + \text{HCl}(\text{g})$	$2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2(\text{l}) + 2\text{HCl}(\text{g})$
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

massa, oferecendo ao estudante uma experiência concreta do fenômeno. No nível submicroscópico, as peças que representam átomos e moléculas podem ser manipuladas, facilitando a compreensão da composição das substâncias, das ligações e da formação dos produtos. No nível simbólico, as quantidades colocadas na balança podem ser associadas diretamente à equação química, mostrando de forma clara como os coeficientes indicam as proporções necessárias para que a reação permaneça equilibrada.

Desse modo, o aparato vai além da simples ilustração de proporções e atua como mediador entre diferentes formas de representação. O professor pode iniciar pela escrita da equação, explorar hipóteses com as peças moleculares e, por fim, verificar o equilíbrio dos pratos, promovendo uma compreensão mais profunda da conservação da matéria e da lógica do balanceamento.

Apesar de seu potencial formativo, o recurso apresenta limitações decorrentes de seu caráter analógico. A separação entre reagentes e produtos em pratos distintos não representa o sistema real, no qual a reação ocorre em um único recipiente. Além disso, no exemplo apresentado (Figura 1), o CO_2 , um produto gasoso que escaparia em condições reais, permanece “retido” no prato, o que constitui uma simplificação necessária para fins didáticos. O modelo também possui mobilidade: os pratos oscilam conforme as quantidades inseridas, reforçando a analogia com a conservação da massa. Contudo, outra restrição é a impossibilidade de representar quantidades fracionadas de moléculas, já que as peças são inteiras; essa limitação, porém, pode ser explorada como oportunidade pedagógica para reforçar o uso de coeficientes inteiros na escrita das equações químicas. Nessa perspectiva, reconhecer essas limitações fortalece o uso crítico do aparato e abre espaço para discutir o caráter representacional dos modelos no ensino de Química.

A balança de MDF dialoga com outras propostas de modelagem analógica (Ferry *et al.*, 2022) ao permitir a manipulação de moléculas e o teste de hipóteses, além de se alinhar a pesquisas que defendem estratégias inovadoras para o ensino de estequiometria (Santos, 2019). Também converge com abordagens lúdicas e interativas discutidas por Lima *et al.* (2025). Em síntese, trata-se de um recurso versátil e acessível que integra diferentes perspectivas, analógica, experimental e lúdica, contribuindo para superar a fragmentação das práticas de ensino de estequiometria.

Conclusão

Neste artigo apresentamos uma proposta de balança de equações confeccionada em MDF que se constitui como um recurso didático de custo acessível, seguro e facilmente replicável, capaz de apoiar o professor no ensino de estequiometria. Ao articular representações simbólicas, macroscópicas e submicroscópicas, o aparato possibilita que o balanceamento químico seja compreendido para além do algoritmo, reforçando o princípio da conservação da matéria de forma concreta e visual.

Por sua simplicidade, reutilização e ausência de riscos químicos ou geração de resíduos, o material pode ser utilizado em diferentes contextos escolares, inclusive naqueles com infraestrutura limitada. Além disso, a possibilidade de os próprios professores e estudantes criarem moléculas por meio de *softwares* gratuitos amplia o potencial pedagógico, favorecendo práticas mais criativas, participativas e alinhadas à cultura digital. Espera-se que a divulgação desse aparato incentive professores a explorarem abordagens didáticas inovadoras para o ensino de estequiometria, contribuindo para superar as dificuldades históricas desse conteúdo e para promover aprendizagens mais significativas em Química.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos revisores pelas contribuições feitas para melhorar este artigo. Esse trabalho foi financiado e apoiado pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC - Brasil, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/MEC - Brasil, CNPq, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Fundect (TO 114/2024) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Notas

¹Apresentamos aqui apenas alguns exemplos, pois outras reações podem ser construídas e utilizadas.

²O aplicativo pode ser acessado em: www.tinkercad.com.

Material suplementar

Material suplementar a este trabalho está disponível em https://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/QNEsc_101-25_MS.pdf, na forma de arquivo PDF, com acesso livre, no qual se encontra uma tabela com as dimensões dos círculos usados nos desenhos das peças e o *link* para o repositório contendo os arquivos SVG, usados para corte a *laser*.

Welica P. S. Freitas (welica.freitas@ufmt.br) é licenciada e bacharel em Química pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), mestre e doutora em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Sinop, e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM/UFMT-CUS). **Alem-Mar B. Goncalves** (alem-mar.goncalves@ufms.br) é bacharel, mestre e doutor em Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente é professor no Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e coordena um acervo de demonstrações de física (DemoFísica-UFMS) com foco no enriquecimento das aulas de graduação e na divulgação e popularização da ciência para estudantes da Educação Básica.

Referências

ASSIS, L. P. *Potencialidades e limitações pedagógicas no uso de modelos analógicos para o ensino de estequiometria*

na educação tecnológica. Dissertação de Mestrado em Educação Tecnológica, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

BÍLEK, M. e NODZYŃSKA, M. Balancing chemical equations using sandwich making computer simulation games as a supporting teaching method. *Problems of Education in the 21st Century*, v. 76, n. 6, p. 779-791, 2018.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. e WOODWARD, P. *Química: A Ciência Central*. 12^a ed. São Paulo: Pearson, 2014.

CAZZARO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. *Química Nova na Escola*, v. 10, p. 53-54, 1999.

FERRY, A. S.; SCHMIDT, P. e ASSIS, L. P. Modelagem analógica para o ensino de estequiometria química a estudantes com deficiência visual: o recurso didático do sanduíche estequiométrico. *Revista Benjamin Constant*, v. 18, n. 65, e286504, 2022.

FERRY, A. S. e ASSIS, L. P. Análise estrutural de uma analogia para o ensino de estequiometria química: possibilidades e limitações. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 21, n. 1, p. 120201-120217, 2024.

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

HAMERSKÁ, L.; MATĚCHA, T.; TÓTHOVÁ, M. e RUSEK, M. Between symbols and particles: investigating the complexity

of learning chemical equations. *Education Sciences*, v. 14, n. 6, p. 570-596, 2024.

JOHNSTONE, A. H. Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

LIMA, P. N.; GOES, L. F. e FERNANDEZ, C. Jogando com fórmulas e reações: ludicidade no ensino de Química para explorar a representação molecular no balanceamento químico. *Química Nova na Escola*, v. 48, n. 1, p. 13-23, 2026.

MELO, M. S. e 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.

NIJAZ, M. e LAWSON, A. E. Balancing chemical equations: the role of developmental level and mental capacity. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 22, n. 1, p. 41-51, 1985.

OLIVEIRA, K. N.; NAUJORKS, A. C.; FREITAS, W. P.; GONCALVES, A. M. B. e CALHEIRO, L. B. A 3D-printed model that simulates a Geiger-Müller counter and the radioactive decay experiment. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 10, p. 3284-3287, 2021.

SANTOS, A. F. *Ensino de estequiometria: uma proposta de intervenção no ensino médio*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

Abstract: *Experimental apparatus applied to teach stoichiometry.* This paper presents an experimental apparatus made of MDF as a didactic resource for teaching chemical equation balancing. The material is low-cost, safe, and reusable, and can be easily reproduced in schools with limited infrastructure. The proposal aims to support teachers in the didactic transposition of abstract stoichiometry concepts by articulating the symbolic, macroscopic, and submicroscopic levels of chemical representation. By combining simplicity, sustainability, and pedagogical potential, the resource expands the possibilities for teaching stoichiometry, overcoming reductionist approaches focused only on the algorithm of equation balancing.

Keywords: chemistry teaching, chemical equation balancing, stoichiometry, didactic resource

Textos de divulgação científica em ambientes de aprendizagem de ciências: uma revisão

Popular science texts in science learning environments: a review

Guilherme Balestiero da Silva, Caio Moralez de Figueiredo e Salete Linhares Queiroz

338

Resumo: Investigações relacionadas à utilização de Textos de Divulgação Científica (TDC) em ambientes de aprendizagem de ciências têm sido amplamente difundidas nos últimos anos e apontam para benefícios como o desenvolvimento de habilidade de leitura e pensamento crítico dos estudantes, e a apropriação de conhecimentos científicos. Este trabalho tem como objetivo estabelecer um panorama acerca de tais investigações, conduzidas nacionalmente. Pretende-se identificar as lacunas e tendências de pesquisas na área, de modo a fornecer subsídios para a realização de investigações futuras, além de tornar público um amplo acervo de experiências desenvolvidas com TDC em salas de aula, o que tem potencial para viabilizar discussões e estimular ações docentes capazes de atender às diretrizes elencadas em documentos que regem a educação brasileira. Foram analisados 75 artigos publicados em periódicos nacionais (2012-2024) e 69 trabalhos completos disponíveis nas atas dos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (2011 - 2023). Destacam-se trabalhos que analisam TDC, na perspectiva do seu funcionamento para fins escolares, assim como os que relatam o uso deste tipo de texto em ambientes de ensino e na formação de professores. Também foram identificados trabalhos que apresentam ponderações sobre as implicações do seu uso no ensino de ciências, assim como estudos do tipo estado da arte sobre a temática.

Palavras-chave: comunicação pública da ciência, ensino de ciências, espaços formais de ensino

Abstract: Research into the use of Popular Science Texts (PST) in science learning environments has been widely disseminated in recent years. This research outlines benefits resulting from this practice, such as the development of students' reading and critical thinking skills, as well as the appropriation of scientific knowledge. This paper aims to provide an overview of these national investigations. The purpose is to identify research gaps and trends in the area to provide support for future research, as well as to publicize a wide range of experiences involving the use of PST in classrooms. This dissemination has the potential to foster discussions and stimulate teaching practices that align with the guidelines set out in Brazilian educational policy documents. We analyzed 75 articles published in national journals (2012-2024) and 69 full papers available in the proceedings of the National Research Meetings on Science Education (2011-2023). Noteworthy are studies that analyze PST from the perspective of its use for educational purposes, as well as those that report on the use of this type of text in teaching environments and teacher training. Studies were also identified that present considerations on the implications of its use in science education, as well as state-of-the-art studies on the subject.

Keywords: public communication of science, science teaching, formal learning environments

Guilherme Balestiero da Silva (guilhermebalestiero@gmail.com) é doutor em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor na educação básica. Araraquara, SP-BR. **Caio Moralez de Figueiredo** (caiomoralez@usp.br) é licenciado em Química pela Universidade Federal de São Carlos e mestrando do Programa de Pós-graduação em Química do IQSC/USP. São Carlos, SP-BR. **Salete Linhares Queiroz** (salete@iqsc.usp.br) é doutora em Química pela Universidade Estadual Paulista. Atualmente é professora do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (IQSC/USP), onde coordena o Grupo de Pesquisa em Ensino de Química (GPEQSC). São Carlos, SP-BR.

Recebido em 24/03/2025; aceito em 21/01/2026

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

Introdução

Definida por Bueno (1984) como o uso de processos ou recursos para a comunicação da informação científica junto às coletividades em geral, uma série de fatores justificam a elevada importância que tem sido atribuída à Divulgação Científica (DC) nos últimos anos. Dentre eles destaca-se, conforme pontuado por Pezzo (2018, p. 88) “a recuperação da legitimidade da ciência e a conquista de apoio social ao empreendimento político”.

Com diferentes motivações, a DC pode se orientar, tal como pontuado por Albagli (1996), para três objetivos: educacional, cívico e mobilização popular. A DC com fins educativos tem como princípio a ampliação do conhecimento e do entendimento do público não especializado a respeito da ciência e seu funcionamento. No que concerne à finalidade cívica da DC, esta compreende o desenvolvimento de uma opinião pública informada acerca dos impactos da ciência e tecnologia. Por sua vez, a partir da ampliação do conhecimento do indivíduo a respeito dos mais variados tópicos de caráter científico e tecnológico, a DC direcionada à mobilização popular tem como objetivo fomentar debates qualificados acerca do desenvolvimento científico de modo a instrumentalizar os cidadãos a intervir satisfatoriamente no processo decisório (1996).

Adicionalmente às ideias de Albagli (1996), é a partilha social do saber que se configura para Zamboni (2001) como principal elemento motivador das ações de DC. Para o autor, caberia à divulgação a tarefa de levar ao leitor comum o conhecimento do qual foi historicamente apartado. Nesse sentido, para além do caráter informativo, desponta como essencial à DC a sua função educativa, sendo ela responsável por contribuir para a formação de opinião pública, e dar conta das lacunas formativas do sujeito comum, para o qual a educação formal não foi suficiente.

Frente a essa multiplicidade de funções que assume a DC e a variedade de meios e veículos para a sua difusão, são também variados os enfoques de trabalhos a seu respeito no ensino de ciências. Dentre eles, Lima (2016), ao desenvolver um estudo concernente às relações estabelecidas entre professor e a apropriação e uso da DC em situações formais de ensino, pontua um contínuo de investigações envolvendo o uso da DC situadas em dois polos distintos. O primeiro diz respeito a estudos cujo enfoque se encontra nas características da DC como gênero discursivo, e o outro compreende a utilização e aproximação do discurso da DC à esfera do ensino e da aprendizagem.

Concentrando-se no segundo polo de investigação, a utilização do discurso da DC em espaços formativos encontra subsídios na sua finalidade educativa, tal como sugerido por Albagli (1996) e na necessidade da partilha social do saber, como apontado por Zamboni (2001). Por sua vez, de acordo com Ferreira e Queiroz (2012), estas pesquisas se alicerçam na necessidade de se desenvolver, em salas de aula, atividades

que não somente contribuam para o aprendizado científico, como também auxiliem na formação de hábitos e atitudes que permaneçam após a saída do estudante da escola.

É nesse contexto que assume relevância no âmbito do ensino de ciências a utilização de Textos de Divulgação Científica (TDC), aqui entendidos como direcionados a um público que não é especializado “naquele tópico específico daquela subárea de um determinado campo de investigação ou de uma disciplina” (Zamboni, 2001, p.96). Para Rocha (2012), são algumas das vantagens advindas do seu emprego em sala de aula: possibilidade de contextualização do conteúdo; desenvolvimento de habilidades de leitura; familiarização com termos científicos; domínio de certos conceitos. Ademais, o uso de TDC destaca-se em apresentar a ciência como um conjunto de saberes que devem ser compartilhados por todos e insere a formação dos estudantes em contextos socioculturais amplos e diversos (Cunha, 2019; Cunha e Fioresi, 2024), assim como propiciam uma análise e posicionamento crítico do estudante frente aos conceitos científicos (Bertolo e Cavalheiro, 2025).

Além disso, os estudos concernentes ao uso de TDC na educação básica também estão alinhados às orientações presentes na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) para os diferentes níveis de ensino. Diz respeito a uma competência específica das ciências da natureza para o ensino fundamental a utilização de diferentes linguagens para que os educandos sejam capazes de se comunicar, acessar e disseminar informações (Brasil, 2018).

Considerando a crescente incorporação de TDC em ambientes de aprendizagem de ciências, este trabalho tem como objetivo estabelecer um panorama acerca das investigações sobre a temática, conduzidas nacionalmente. Consequentemente, pretende-se identificar as lacunas e tendências de pesquisas na área, de modo a fornecer subsídios não somente para a realização de investigações futuras a esse respeito, como também para a realização de políticas públicas associadas à DC.

Almeja-se ainda identificar e tornar público um amplo acervo de experiências desenvolvidas compreendendo os usos de TDC em salas de aula, o que tem potencial para viabilizar discussões tendo em vista o atendimento das diretrizes elencadas em documentos que regem a educação brasileira. Nessa perspectiva, é possível citar, a título de exemplo, a Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018 (Brasil, 2018), que estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira, e aponta que 10% da carga horária dos cursos de graduação deve ser composta por atividades de extensão, representando um recente desafio que as Instituições de Educação Superior enfrentam. No caso específico do curso de graduação em química, faz-se necessário o oferecimento de subsídios para que os estudantes possam divulgar conhecimentos químicos para o público em geral, de modo que a aproximação dos mesmos com TDC, no que tange aos seus fundamentos e estratégias de elaboração, pode contribuir para a concretização de atividades extensionistas.

Para o alcance do referido objetivo, ampliamos o estudo sobre o assunto em foco, levado a cabo por Ferreira e Queiroz (2012), pautado em duas principais fontes: artigos publicados em periódicos nacionais e trabalhos completos disponíveis nas atas dos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), evento de grande relevância no âmbito das pesquisas em Educação Científica no Brasil. Uma vez que em seu trabalho os autores consideraram publicações até o ano de 2011 e a sétima edição do ENPEC, realizada em 2009, aqui a busca por documentos alcançou o ano de 2024.

Cabe ainda destacar que, em número publicado recentemente nesta revista, Vieira *et al.* (2025) apresentaram uma revisão bibliográfica sobre a divulgação científica em eventos da área de Química, que não abarca o ENPEC, alvo de análise neste trabalho.

Percorso metodológico

Busca em periódicos

Com relação aos periódicos, Ferreira e Queiroz (2012) consideraram para a investigação aqueles abarcados na área 46 definida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). No entanto, cabe destacar que, em 6 de junho de 2011, com base na Portaria nº 83, ocorreu a alteração da área 46 (Brasil, 2011). Sendo assim, esta, que era definida especificamente como de Ensino de Ciências e Matemática, passou a ser considerada como área de Ensino, de forma geral, o que implicou em uma ampliação considerável de programas de pós-graduação e periódicos nela enquadrados.

Nesse contexto, foram analisadas publicações em periódicos nacionais da área 46 que evidenciassem claramente, em seu título, a relação com o ensino de ciências, ensino de química, ensino de física ou ensino de biologia, no período de 2012 a 2024, e que tivessem sido classificados nos estratos mais elevados de qualidade do Qualis da Capes, obtendo conceitos A1, A2, B1 e B2, concernentes ao quadriênio 2013-2016.

O Quadro 1 ilustra os periódicos consultados, e os seus respectivos estratos e períodos analisados. Destacados em cinza encontram-se os periódicos adicionados ao panorama traçado por Ferreira e Queiroz (2012). Esta adição justifica-se devido à alteração de definição da área 46, mencionada anteriormente, e também devido à mudança do quadriênio analisado, uma vez que a versão aqui considerada, 2013-2016, não estava em voga na ocasião do trabalho dos referidos autores.

Ressaltamos que, conforme evidenciado no Quadro 1, para todos os periódicos analisados, o intervalo adotado corresponde ao período 2012 a 2024, com exceção da revista *Ciência e Ensino*, cujo último número disponível refere-se ao ano de 2019.

Busca nas edições do ENPEC

A respeito do ENPEC, e conforme consta no Quadro 2,

foram consideradas sete edições do evento que ocorreram após o período analisado por Ferreira e Queiroz (2012). Para a localização dos trabalhos foram acessadas as atas das referidas edições, as quais estão disponíveis no site da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação para Ciências (ABRAPEC).

Seleção e análise dos trabalhos

A identificação dos trabalhos, tanto em periódicos quanto nas atas dos ENPEC, ocorreu com base na busca por termos nos respectivos títulos que remetessem ao nosso objeto de investigação tais como: texto de divulgação científica; mídia; mídia impressa; jornal; artigos de divulgação científica; popularização da ciência.

Feita essa primeira seleção, a leitura dos resumos de todos os textos foi levada a cabo, o que permitiu identificar o objetivo de cada produção. Salientamos que o nosso interesse se encontra na análise de investigações cujo foco consiste no estudo da DC em salas de aula do ensino de ciências, com destaque para a discussão a respeito da mídia impressa, ou TDC. Trabalhos pautados na discussão da DC em espaços não formais de ensino, tais como museus, centros de ciências e exposições, não foram incluídos no total de produções localizadas.

Selecionados os textos que se enquadram nos objetivos da revisão, os resultados foram discutidos considerando as categorias estabelecidas por Ferreira e Queiroz (2012): estudos pautados na seleção, caracterização e/ou análise de TDC para fins escolares; experiências em salas de aula de ciências com TDC; publicações cujo foco se encontra na formação de professores e o uso de TDC em contextos escolares; ponderações sobre a DC e suas implicações no ensino de ciências; e estado da arte ou revisões das pesquisas relacionadas à DC. Ademais, Ferreira e Queiroz (2012) definem subfocos para as categorias, contemplando os diferentes objetivos no uso dos TDC, assim, esses subfocos também são considerados nas análises de cada categoria.

Resultados e discussão

O trabalho de Ferreira e Queiroz (2012), de acordo com o Google Scholar, é o mais citado quando é aplicada a seguinte expressão de busca: Textos de divulgação científica. Além disso, a quantidade considerável de citações recebida por este trabalho (184 citações até o dia 25 de outubro de 2025) corrobora a pertinência da sua expansão e atualização. Ferreira e Queiroz (2012) identificaram um total de 88 trabalhos concernentes à DC e sua relação com o ensino de ciências naturais. Destes, 52 se encontram nas atas até a sétima edição do ENPEC (2009) e 36 integram publicações dos periódicos consultados conforme listado na Tabela 1. Ampliando esta revisão, localizamos em revistas nacionais, considerando o período de 2012 a 2024 (atualização em mais de uma década), mais 75 textos. Quanto aos trabalhos apresentados nas edições do ENPEC, mais 69

Quadro 1. Periódicos consultados. Destacados em cinza estão os periódicos adicionados ao estudo de Ferreira e Queiroz (2012).

Periódico	Estrato (2013 – 2016)	Período Analisado
Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	A2	2012 – 2024
Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática	A2	2012 – 2024
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	A2	2012 – 2024
Caderno CEDES	A1	2012 – 2024
Cadernos de Pesquisa (Fundação Carlos Chagas)	A1	2012 – 2024
Cadernos de Saúde Pública	A2	2012 – 2024
Ciência & Educação	A1	2012 – 2024
Ciência e Ensino	B1	2012 – 2019*
Educação e Pesquisa	A1	2012 – 2024
Educação e Realidade	A1	2012 – 2024
Educação e Sociedade	A1	2012 – 2024
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	A1	2012 – 2024
Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista	B1	2012 – 2024
Experiências em Ensino de Ciências	B1	2012 – 2024
História, Ciências, Saúde – Manguinhos	A2	2012 – 2024
Investigações em Ensino de Ciências	A2	2012 – 2024
Kriterion – Revista de Filosofia	B1	2012 – 2024
Pesquisa em Educação Ambiental	B1	2012 – 2024
Pro-Posições	A1	2012 – 2024
Química Nova na Escola	B1	2012 – 2024
RENCIMA – Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática	A2	2012 – 2024
Revista Brasileira de Educação	A1	2012 – 2024
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	A2	2012 – 2024
Revista Brasileira de Ensino de Física	A1	2012 – 2024
Revista Brasileira de História da Ciência	B1	2012 – 2024
Revista Brasileira de Informática na Educação	B2	2012 – 2024
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2	2012 – 2024
Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia	B2	2012 – 2024
Revista de Ensino de Engenharia	B2	2012 – 2024
Zetetike (Faculdade de Educação da UNICAMP)	A2	2012 – 2024

*Último número disponível em 2019.

Quadro 2. Edições do ENPEC consultadas.

Edição	Cidade/Estado	Ano
VIII ENPEC	Campinas/SP	2011
IX ENPEC	Águas de Lindóia/SP	2013
X ENPEC	Águas de Lindóia/SP	2015
XI ENPEC	Florianópolis/SC	2017
XII ENPEC	Natal/RN	2019
XIII ENPEC	Formato on-line	2021
XIV ENPEC	Caldas Novas/GO	2023

textos foram adicionados à revisão. Assim sendo, na Figura 1 está esquematizada a quantidade de trabalhos localizados de acordo com as categorias temáticas consideradas nas análises.

Destacamos que as diferentes publicações podem se enquadrar em mais de uma temática, contudo, para a discussão apresentada na sequência considerou-se, a partir da leitura de cada trabalho, apenas a sua principal abordagem.

Os dados apresentados na Figura 1 mostram uma certa manutenção na distribuição dos focos observados por Ferreira e Queiroz (2012). Nesse sentido, ainda permanece em destaque a “Seleção, caracterização e/ou análise de TDC para fins escolares”. Além disso, comparativamente à revisão anterior, houve um crescimento de estudos nos demais focos: “Experiências em salas de aula de ciências com TDC”; “Formação de professores e o uso de TDC em contextos escolares”; “Ponderações sobre DC e suas implicações no ensino de ciências”; e “Estado da arte das pesquisas relacionadas à DC”. Com relação ainda aos trabalhos voltados para a discussão de experiências com TDC

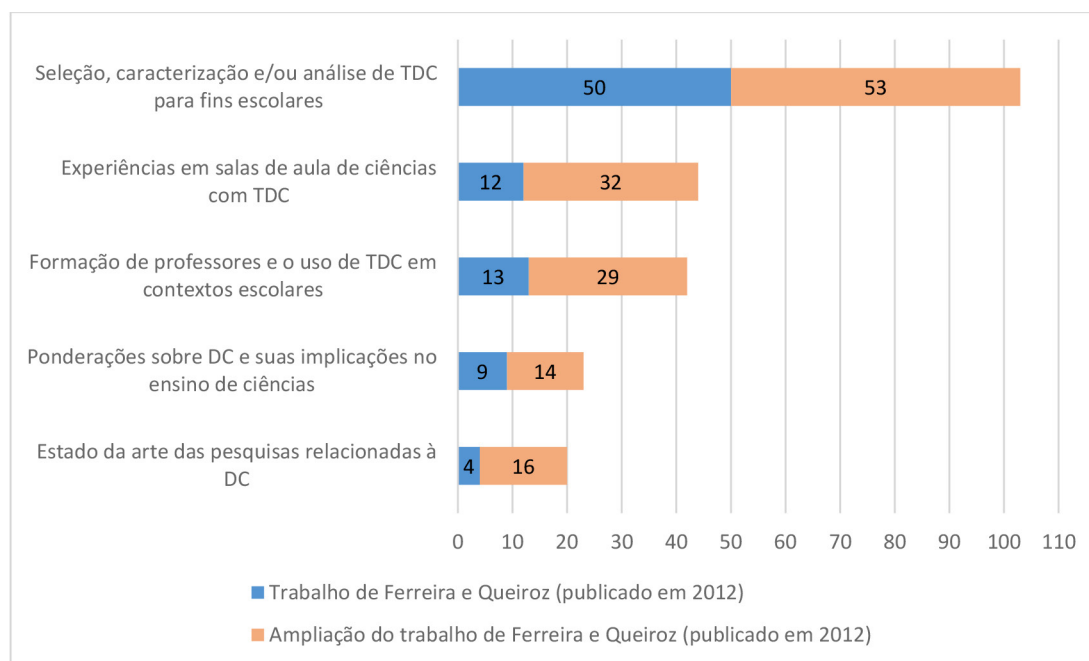


Figura 1. Frequência das temáticas centrais dos trabalhos publicados nas atas dos ENPEC e em periódicos pesquisados a respeito do uso de TDC no ensino de ciências.

em salas de aula e do estabelecimento de um estado da arte de pesquisas relacionadas à DC, o crescimento observado foi de pelo menos 100% comparativamente à revisão concluída no ano de 2012.

Seleção, caracterização e/ou análise de TDC para fins escolares

As produções enquadradas nessa categoria temática são as majoritárias, representando aproximadamente 44,4% do total de produções. Assim sendo, mantendo a tendência observada por Ferreira e Queiroz (2012), ainda predominam na literatura trabalhos cujo objetivo se encontra na análise de TDC que permita tecer considerações acerca das suas potencialidades e limitações.

O predomínio de trabalhos dessa natureza se relaciona à concepção de que, tal como sugerido por diferentes autores, como Zamboni (2001) e Grigoletto (2005), um dos maiores desafios da DC reside na “transposição” do conhecimento científico. Isto porque, de acordo com os autores, a tarefa de divulgar requer a troca da ciência em miúdos, exigindo diferentes processos de decodificação e/ou recodificação do discurso restrito aos limites internos da comunidade científica.

As pesquisas abarcadas nesta categoria dizem respeito à seleção, caracterização e/ou análise de textos publicados em diferentes veículos de comunicação, assim como de livros de DC, com diferentes objetivos. Associados a este foco temático foram identificados quatro subfocos descritos no Quadro 3. O Material Suplementar (MS) indica o(s) nome(s) do(s) autor(es), ano de publicação e título dos trabalhos associados a cada subfoco. Dessa forma, o leitor pode obter informações complementares às disponíveis no Quadro 3.

Com relação ao **subfoco A**, são proeminentes na literatura, assim como verificado por Ferreira e Queiroz (2012), trabalhos cujo o intuito consiste na busca, seleção e análise de artigos em diferentes mídias e revistas de DC que contemplam uma área específica do conhecimento ou um ou mais temas. Por sua vez, no que concerne aos veículos de comunicação, ganham destaque as revistas comumente disponíveis em meios digitais. Com exceção do título “Capricho”, as mesmas publicações observadas por Ferreira e Queiroz (2012) continuam sendo submetidas a análise ou caracterização. Isto é, *Scientific American Brasil* (Souza e Rocha, 2015), *Ciência Hoje* (Oliveira *et al.*, 2020), *Ciência Hoje das Crianças* (Martins e Oliveira, 2020), *Superinteressante* (Carvalho e Rocha, 2019), *Veja* (Albuquerque *et al.*, 2011), *Galileu* (Monerat e Rocha, 2017), *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira* (Albuquerque *et al.*, 2011).

Tratando-se de conteúdo específicos, exemplo de trabalho abarcado por este subfoco é o de autoria de Souza e Rocha (2015) que realizaram, por meio da Análise de Conteúdo, na perspectiva de Bardin (2004), a análise de 15 artigos publicados pela *Scientific American Brasil*. Consistia no objetivo dos autores a observação de como conceitos relacionados à Sistemática Filogenética são retratados nestes textos. Dentre os resultados observados, Souza e Rocha (2015) pontuam que cada artigo possui características peculiares que os tornam adequados para inserção em salas de aula da educação básica. Contudo, faz-se necessária a intervenção constante do professor, de modo a esclarecer trechos de difícil entendimento ou conceitos ainda não estudados.

Discutindo ainda sobre conceitos específicos, outro exemplo ilustrado no Quadro 3 diz respeito ao estudo de Oliveira *et al.* (2020), que, utilizando de diferentes métricas, fizeram a

Quadro 3. Distribuição dos trabalhos de acordo com os subfocos referentes ao foco temático Seleção, caracterização e/ou análise de TDC para fins escolares.

Subfoco (nº de trabalhos)		Objetivo dos trabalhos enquadrados nos subfocos	Exemplos
A	Busca, seleção e análise de artigos em diferentes mídias e revistas de DC que contemplam uma área específica do conhecimento ou um ou mais temas (24).	Estudos cujo objetivo é estabelecer elementos capazes de guiar a seleção de TDC para o ensino das temáticas e áreas em questão.	Souza e Rocha (2015); Oliveira <i>et al.</i> (2020).
B	Investigações relacionadas à linguagem dos TDC (11).	Estudos cujo objetivo é a análise da construção linguística dos TDC.	Rocha e Vargas (2015); Souza e Rocha (2018).
C	Investigações relacionadas às características da atividade científica, evidenciadas nos TDC (11).	Estudos cujo objetivo é identificar e discutir as potencialidades de TDC para a abordagem de tópicos a respeito da natureza da ciência em salas de aula.	Mota <i>et al.</i> (2017); Diniz e Rezende Junior (2019).
D	Análise de livros de DC (6).	Estudos cujo objetivo é analisar obras de DC, tendo em vista as diferentes abordagens sobre um mesmo conceito ou tópico e/ou representações da ciência e tecnologia nelas veiculadas.	Targino e Giordan (2015); Urias e Assis (2012); Hoernig <i>et al.</i> (2020).

observação de como a temática Ligações Químicas é abordada em publicações da revista *Ciência Hoje*. Além disso, foram traçadas as possíveis afinidades do trato desse conteúdo em TDC e sua representação em livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em 2019/2020. Os autores também identificaram a adequação dos TDC analisados para o emprego no ensino de química. Isso porque, na sua perspectiva, esses textos permitem a contextualização dos conteúdos por meio de uma linguagem acessível e os relacionam com fenômenos que vão além daqueles descritos nos livros didáticos.

Em suma, no que tange ao **subfoco A**, despontam, como ilustrados pelos exemplos apresentados, a diversidade de objetivos que nortearam as análises de TDC. Outros objetivos identificados nas produções enquadradas neste subfoco compreendem: o potencial para o desenvolvimento da criticidade dos educandos (Sousa *et al.*, 2014) e para a formação do sujeito leitor (Albuquerque *et al.*, 2011).

Com relação ao **subfoco B**, investigações relacionadas à linguagem de TDC também foram verificadas previamente por Ferreira e Queiroz (2012). De forma geral, tal como pontuado por Rocha e Vargas (2015), ao considerarmos a linguagem da DC, devemos ter em mente que não se trata de uma atividade neutra, tampouco de um jornalismo puramente objetivo, trata-se de diferentes gêneros no mesmo segmento da comunicação. Nessa perspectiva, quando analisadas a construção discursiva de textos publicados na revista *Scientific American Brasil*, o que Rocha e Vargas (2015) observaram é que embora exista a preocupação em divulgar a informação científica de forma clara e precisa, ainda percebe-se a recorrência de elementos comuns à comunicação científica, como o uso de jargões acessíveis somente àqueles que detêm conhecimentos básicos para avançar na leitura em busca de informações científico-tecnológicas.

Ainda neste subfoco, uma nova tendência de investigação tem sido observada, e diz respeito à análise de TDC inseridos em livros didáticos, cujo intuito consiste em não somente considerar as características retóricas e estruturais dos textos presentes no material didático, como também observar as reformulações ocorridas ao longo do processo. Cabe destacar que em revisão anterior foram identificados por Ferreira e Queiroz (2012) apenas três publicações desta natureza, e nesta revisão mais nove produções foram localizadas. Tratando especificamente de tais trabalhos, ganham destaque aqueles realizados com coautoria de Marcelo Borges Rocha, vinculado ao Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Como exemplo de publicação desse tipo destaca-se o estudo desenvolvido por Souza e Rocha (2018). Com foco no caráter híbrido dos TDC inseridos em livros didáticos de biologia, os autores analisaram 60 textos originalmente concebidos para a divulgação da ciência presentes em sete livros didáticos. A respeito desse caráter híbrido, Souza e Rocha (2018) afirmam que os textos presentes em obras didáticas podem apresentar diferentes características, a saber: textos híbridos – modificados e pouco semelhantes com os originais; semi-híbridos – marcados por exclusões significativas e, em menor intensidade, acréscimos, reordenações e substituições; e textos editados – ocorre apenas a exclusão de dados e não há alterações comparativamente à fonte original.

O que os autores observaram foi uma ligeira preponderância de textos semi-híbridos e editados, em que há a preferência por eliminar parte expressiva dos textos originais, realizando poucas intervenções na escrita, a qual já se assemelha muito com o discurso pedagógico. Para Souza e Rocha (2018), isso encontra respaldo na hipótese de que os autores e/ou editores de

livros didáticos almejam manter as características originais de TDC tendo em vista diferenciá-los do restante do texto didático.

No **subfoco C** encontram-se as investigações relacionadas às características da atividade científica evidenciadas nos TDC e suas implicações para o ensino de ciências. Comparativamente ao panorama traçado por Ferreira e Queiroz (2012), esta é uma tendência de estudo que está alinhada, de acordo com Diniz e Rezende Junior (2019), com uma série de fatores. Para os autores, além de fornecer auxílio para os professores na busca por recursos alternativos para o processo de ensino e aprendizagem, esse tipo de estudo contribui para evidenciar que, mesmo sendo um material midiático, TDC gozam de aspectos com potencial para fomentar uma visão mais contextualizada da produção do conhecimento científico. Assim, evidenciam-se as publicações com coautoria de Jane Raquel Silva de Oliveira, vinculada ao Instituto de Física e Química da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Exemplo de publicação pertencente a este subfoco é o trabalho de Mota *et al.* (2017), que analisaram o potencial de TDC publicados pela Revista Pesquisa FAPESP tendo em vista a abordagem da sociologia da ciência em salas de aula. Tomando como base os pressupostos do sociólogo Bruno Latour e fazendo uso da análise textual discursiva (Moraes e Galiuzzi, 2011) os autores analisaram dois TDC publicados pela Revista Pesquisa FAPESP, e o que identificaram foi a presença de algumas das características da atividade científica. Dentre elas: tempo dedicado à construção do conhecimento; a provisoriidade da ciência; a relevância do trabalho coletivo; a importância das publicações e sua validação pelos pares etc. Com isso, os autores destacam que artigos da Revista Pesquisa FAPESP podem ser úteis, enquanto recursos didáticos, ao ensino de ciências.

Analogamente, em outro exemplo ilustrado no Quadro 3, Diniz e Rezende Junior (2019), recorrendo à análise textual discursiva, investigaram nove TDC publicados na revista Ciência Hoje. O objetivo dos autores era identificar nos textos características relacionadas à natureza da ciência. Assim sendo, considerando as cinco dimensões emergentes das análises (dimensão teórico-metodológica; motivacional; resultante; histórico-temporal; social e coletiva), despontaram como características observáveis nos textos: o papel das teorias na elaboração de hipóteses e observação dos fenômenos; procedimentos e processos de tomada de dados; questionamentos, motivações e finalidades da ciência; resultados da pesquisa e suas implicações/aplicações; aspectos culturais e temporais na construção do conhecimento; presença de controvérsias científicas; as relações na ciência; e as publicações científicas.

Em consonância com Mota *et al.* (2017), Diniz e Rezende Junior (2019) observaram a presença de características da atividade científica com potencial para contribuir para uma visão mais contextualizada do empreendimento científico, ao passo que possibilitam conhecer diferentes dimensões desse conhecimento. Todavia, Diniz e Rezende Junior (2019) ressaltam

que, pela forma como algumas dessas características foram apresentadas, certos estereótipos podem ser reforçados. Por exemplo, no que diz respeito aos questionamentos, motivações e finalidades da ciência, é possível depreender a ideia de ciência que descobre verdades e do cientista como descobridor ou um mero inventor. Os autores ressaltam a importância do papel do professor como mediador de leituras e discussões, e que deve intervir nos momentos em que imagens deformadas sobre a natureza da ciência são apresentadas.

Por fim, no **subfoco D** estão enquadradas investigações em que os alvos de análise e caracterização são livros com viés de DC. Comparativamente ao trabalho empreendido por Ferreira e Queiroz (2012) é evidente a redução de estudos dessa natureza, o que pode ser atribuído a diferentes fatores, dentre os quais o acesso limitado a tais materiais. Acerca dos referidos estudos, destaca-se a análise de diferentes obras destinadas à DC, segundo as abordagens diversificadas sobre um mesmo conceito (Targino e Giordan, 2015) ou tópico (Urias e Assis, 2012), e análise de obras específicas com o objetivo de destacar representações da ciência e tecnologia (Hoernig *et al.*, 2020).

No que concerne ao trabalho de Targino e Giordan (2015), cinco textos foram analisados tendo em vista o ensino da lei periódica. Mediante as características de cada obra, os autores observaram que elas podem ser aplicadas de diferentes maneiras no ensino médio. Contudo, ao considerar as suas potencialidades e limitações, como a sua linguagem, possíveis dificuldades de leitura e tempo de aula, as atividades de ensino precisam ser planejadas de modo que os objetivos e formas de utilização dos textos estejam bem definidos.

Analogamente, Urias e Assis (2012) analisaram duas produções pautadas em biografias de Albert Einstein, tendo em vista identificar os pontos convergentes e divergentes de ambas as obras. Dentre as principais considerações emerge o potencial de textos dessa natureza para a discussão da história da ciência em salas de aula. Em contrapartida, alinhado com as colocações de Targino e Giordan (2015), faz-se necessário certas precauções, uma vez que existem elementos, em especial em uma das obras, que podem reforçar uma visão mitificada acerca do cientista.

No estudo de Hoernig *et al.* (2020) são analisadas diferentes obras de Richard Feynman, de modo a identificar as visões de ciência predominantes nelas. Com isso, os autores verificaram que, apesar de cientista, em algumas de suas obras, Feynman, assim como nos textos analisados por Urias e Assis (2012), reforça alguns mitos científicos, em especial a suposta neutralidade da ciência.

Considerando este subfoco, as limitações observadas pelos diferentes autores podem estar associadas aos aspectos mercadológicos ou comerciais. Tais aspectos podem refrear os autores, que dispõem de uma restrição de páginas que os obriga a apresentar os fatos sem se ater aos diferentes detalhes. No mais, tendo em vista a inserção em espaços formativos, as limitações observadas demandam, assim como para os TDC

veiculados em revistas e mídias impressas, uma análise crítica por parte dos professores, que devem ter bem definidos seus propósitos e objetivos pedagógicos.

Experiências em salas de aula de ciências com TDC

Dentre os trabalhos localizados, o segundo foco majoritário diz respeito aos estudos que discutem primariamente o resultado de experiências em salas de aula de ciências com TDC. A presença significativa desses estudos vai ao encontro do que sinalizam Souza e Rocha (2015), os quais, após realizarem a análise de diferentes produções pertencentes à *Scientific American Brasil*, pontuam que não basta apenas avaliarmos o potencial didático de TDC, mas cabe também aos pesquisadores tecer considerações a respeito do impacto gerado pela sua integração ao processo de ensino e aprendizagem. Outrossim, se torna preponderante no campo da pesquisa no ensino de ciências estimular os professores para o uso desses materiais.

Com essa premissa, uma vez que os trabalhos se diferenciam essencialmente no que diz respeito aos objetivos almejados com a inserção de TDC em sala de aula, identificamos seis subfocos de trabalhos descritos no Quadro 4. O Material Suplementar (MS) indica o(s) nome(s) do(s) autor(es), ano de publicação e título dos trabalhos associados a cada subfoco.

Quadro 4. Distribuição dos trabalhos de acordo com os subfocos referentes ao foco temático Experiências em salas de aula de ciências com TDC.

Subfoco (nº de trabalhos)		Exemplos
A	Favorecer a compreensão sobre aspectos da produção do conhecimento científico (2).	Silva e Zanotello (2017).
B	Fomentar discussões e debates em salas de aula do ensino de ciências (5).	Borim e Rocha (2017).
C	Promover o interesse dos alunos em sala de aula (2).	Loiola <i>et al.</i> (2013).
D	Estimular o pensamento crítico dos educandos (5).	Silva <i>et al.</i> (2020).
E	Favorecer a aprendizagem de conceitos (13).	Zanotello e Almeida (2013).
F	Desenvolver habilidade de comunicação oral e/ou escrita (3).	Almeida e Giordan (2014).

É válido destacar que concomitantemente à variedade de objetivos propostos pelos autores, observamos o relato de experiências e pesquisas envolvendo a inserção de TDC em salas de aula em diferentes níveis de ensino e instrução, como os anos iniciais do ensino fundamental (Almeida, 2020), os anos finais deste mesmo nível (Façanha e Alves, 2017), ensino médio (Silva e Zanotello, 2017), educação de jovens e adultos (Loiola *et al.*, 2013) e ensino superior (Zanotello e Almeida,

2013). Essa constatação denota o potencial que tem sido atribuído a esse tipo de material, bem como a sua versatilidade no que diz respeito ao atendimento dos anseios pedagógicos dos professores.

No que tange ao **subfoco A**, diante da necessidade de melhor trabalhar aspectos da produção do conhecimento científico em espaços formativos, Silva e Zanotello (2017) realizaram um estudo envolvendo a leitura desses textos no ensino médio. Em termos gerais, a partir do uso de treze TDC, em seis aulas de duração de 50 minutos, os autores concluem que, virtuais ou impressos, esse tipo de texto tem potencial significativo para propiciar o contato dos educandos com certas características do mundo científico, o que contribui para uma educação científica e cidadã. Nesse contexto, a experiência propiciou o desenvolvimento, de posicionamentos críticos sobre aspectos da prática científica.

Entretanto, obstáculos se fazem presentes e são pontuados pelos autores quanto à inserção de TDC em espaços formativos. Para eles, apesar da série de benefícios oriundos do desenvolvimento de práticas de leitura de TDC em contexto do ensino médio de física, são sobressalentes algumas dificuldades que os estudantes enfrentam no entendimento desse material. Segundo Silva e Zanotello (2017), embora a DC tenha como objetivo a produção de textos com linguagem acessível a um público leigo, ainda persistem elementos que resultam em difícil compreensão. Os autores também afirmam que por abordarem temas atuais, produções de DC não comportam respostas fechadas ou consensuais, o que reforça o caráter inacabado da ciência. Por sua vez, esse aspecto se torna interessante no fomento de debates a seu respeito, bem como das suas implicações ambientais, éticas e sociais. É nessa perspectiva que ganham destaque os trabalhos enquadrados no subfoco B.

A respeito dos trabalhos do **subfoco B**, as interações estabelecidas em espaços formativos são os principais objetos de investigação. Sobre esse aspecto, os estudos localizados indicam que, aliadas à leitura de TDC, as relações instauradas proporcionaram o desencadeamento de interações sociais significativas, seja entre professor e alunos ou entre eles próprios. A título de exemplo, Borim e Rocha (2017) tiveram como objetivo verificar se o TDC escolhido, o qual diz respeito a um livro de ficção científica, teria potencial para funcionar como um gerador de discussões ambientais em sala de aula. Para tanto, os autores optaram por selecionar uma turma que atuaria como controle, e que não teria contato com os trechos do livro trabalhado. Dessa forma, foi verificado o potencial didático-pedagógico do livro escolhido para a abordagem de questões ambientais. Além disso, as atividades didáticas propostas a partir da leitura geraram momentos de discussão e reflexão a respeito da importância de uma sensibilização ambiental crítica.

O **subfoco C** contempla os estudos cuja inserção de TDC tem como objetivo promover o interesse dos alunos em sala de aula. Essa possibilidade está associada às suas diferentes características, como um discurso que apresenta uma linguagem

semelhante àquela empregada pelos alunos, e a abordagem de tópicos científicos associados com o cotidiano do leitor (Loiola *et al.*, 2013). A título de exemplo, destacamos o trabalho desenvolvido por Loiola *et al.* (2013) no contexto da educação de jovens e adultos (EJA).

Fundamentados na Metodologia Problematicadora de Paulo Freire, a qual compreende um método de ensino em que os conteúdos são discutidos a partir da realidade vivenciada pelos alunos, os autores desenvolveram, com turmas do 2º ano do EJA, o tema alimentação. Foram tomados como ponto de partida TDC extraídos das revistas *Ciência Hoje*, *Scientific American Brasil*, *Galileu* e *Superinteressante*, que posteriormente foram adaptados para o emprego em sala de aula. Em termos gerais, o que Loiola *et al.* (2013) verificaram foi uma participação efetiva dos alunos, uma vez que relacionavam os assuntos de saúde e alimentação com o seu cotidiano. Os autores destacam o papel do professor na mediação das discussões e no preparo dos TDC, sendo este fundamental para as ações.

Acerca do **subfoco D** há os trabalhos em que os TDC são empregados tendo em vista estimular o pensamento crítico dos educandos. Nesse contexto, encontram-se exemplos de estudos que reforçam o desenvolvimento de autoria por parte dos educandos. É o caso do trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2020) que relata a aplicação de uma atividade didática no ensino médio a partir da temática biocombustíveis. Por meio de diferentes atividades que contaram com a leitura de TDC extraídos da revista *Ciência Hoje*, os autores buscaram promover a experiência de autoria dos alunos a partir dos princípios forjados por Orlandi (2012). Como resultado, Silva *et al.* (2020) verificaram que TDC configuram-se como instrumentos de mediação possíveis para ocorrência de discursos que se distanciem do discurso pedagógico autoritário comum em sala de aula. Ademais, observou-se o desenvolvimento do pensamento crítico dos educandos bem como a promoção da experiência de autoria.

No **subfoco E** estão os trabalhos cujo objetivo é o favorecimento da aprendizagem de conceitos. Dessa forma, observa-se que TDC podem contribuir para o entendimento de conceitos variados como: tópicos de física quântica (Pagliarini e Almeida, 2016); termodinâmica (Zanotello e Almeida, 2013); aquecimento global (Rocha e Nicodemo, 2013); fermentação (Almeida, 2020); e ressonância magnética (Silva e Zanotello, 2017).

Emerge como um aspecto peculiar, a partir da leitura desses trabalhos, o interesse no estudo dos sentidos produzidos pelos alunos após o contato com diferentes TDC. Tais pesquisas estão ancoradas em diferentes referenciais teóricos que permitem o alcance de resultados mais contundentes, é o caso, por exemplo, da Análise do Discurso de Linha Francesa, na perspectiva de Orlandi (2012). Esse aporte teórico é utilizado fundamentalmente no estudo das interações estabelecidas em sala de aula, tais como nos trabalhos cujo intuito consiste no fomento de debates e discussões, e na análise das produções escritas dos alunos. Nessa perspectiva, destacamos a publicação

de Zanotello e Almeida (2013): interessados em analisar a produção de sentidos por alunos do primeiro ano de um curso de nível superior a partir da leitura de TDC, os autores desenvolveram e aplicaram uma atividade com 90 alunos matriculados em componente curricular de Fenômenos Térmicos, ofertado pelo curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Estado de São Paulo (UNIFESP). O texto escolhido para tanto diz respeito a um capítulo do livro *A dança do universo*, de autoria de Marcelo Gleiser (Gleiser, 1997), e permite a discussão de tópicos relacionados à evolução da termodinâmica.

A análise dos sentidos produzidos se deu por meio da observação das respostas escritas fornecidas frente a quatro questionamentos sobre o texto. Tais perguntas foram suficientes para averiguar as concepções de calor apresentadas pelos alunos, suas dúvidas, suas percepções acerca da evolução do conhecimento científico e as possíveis mudanças conceituais ocorridas. Zanotello e Almeida (2013) verificaram o avanço nas concepções dos alunos a respeito do conceito de calor. Foram também manifestadas noções acerca da evolução do conhecimento científico, que fornecem indícios de que a obra de DC passou a fazer parte dos elementos constitutivos dos discursos dos educandos.

Com relação ao **subfoco F** também desponta a contribuição dos TDC para o desenvolvimento das habilidades de comunicação escrita e/ou oral. Dentre os trabalhos com esse objetivo, citamos o estudo realizado por Almeida e Giordan (2014). Interessados nas interações estabelecidas em sala de aula, os autores buscaram observar como o discurso de crianças entre 9 e 10 anos (4º ano do ensino fundamental) (re)produzem artigos da revista *Ciência Hoje das Crianças*. Para os autores, esse processo se configura como um exercício de metalinguagem, que diz respeito a um trabalho de compreensão da leitura dos artigos de DC. Sendo assim, faz-se interessante observar o que cada criança produz ao tentar tornar o seu discurso/fala mais inteligível e próxima das explicações presentes no TDC. Em outras palavras, recorrendo a Geraldi (2010), Almeida e Giordan (2014) salientam que ao produzir um texto o sujeito autor elabora uma proposta de compreensão ao seu interlocutor, desenvolvendo dessa forma ações com a linguagem e sobre a linguagem, as quais ocorrem por meio de escolhas de estratégias para o dizer.

Formação de professores e o uso de TDC em contextos escolares

Prosseguindo com a tendência observada por Ferreira e Queiroz (2012), outro grupo de investigações em destaque compreende os trabalhos que buscam estabelecer relações entre a formação de professores e a utilização de TDC em espaços formativos. Estes envolvem desde entrevistas e questionários que permitam aos autores acesso às percepções de professores e/ou futuros professores a respeito da finalidade pedagógica do

discurso da DC, até ações, em salas de aula da educação básica, de licenciandos em química, física ou biologia.

A relevância desse grupo de pesquisa é respaldada por diferentes autores, tais como Ferreira e Queiroz (2012b), que salientam que o emprego adequado do discurso da DC está condicionado às escolhas feitas pelo professor. Logo, na perspectiva dos autores, a qual reafirmamos, “é de extrema relevância tomar conhecimento das apropriações feitas pelos professores sobre esse tipo de material, estejam em serviço ou em formação, de modo que a necessária leitura crítica seja realizada por eles” (Ferreira e Queiroz, 2012b, p. 20).

Indo ao encontro dessa afirmação, Lima e Giordan (2017) também mencionam o porquê do trabalho com a DC na formação de professores. Para os autores, os usos de TDC em sala de aula perpassam diversos contextos de produção do ensino. Logo, antes de utilizá-los, o professor deve conhecê-los e vislumbrar cenários em que esse recurso pode ser adequadamente empregado. Nessa perspectiva se torna imperativo que os docentes dominem tanto os propósitos de ensino quanto o uso de ferramentas comunicativas que integram a DC.

Com essa premissa, os estudos referentes à formação de professores e emprego de TDC em espaços escolares são realizados em diferentes contextos, os quais dizem respeito tanto à formação inicial quanto à formação continuada, e foram divididos em quatro subfocos em destaque na Quadro 5. O Material Suplementar (MS) indica o(s) nome(s) do(s) autor(es), ano de publicação e título dos trabalhos associados a cada subfoco.

Quadro 5. Distribuição dos trabalhos de acordo com os subfocos referentes ao foco temático Formação de professores e o uso de TDC em contextos escolares.

Subfoco (nº de trabalhos)		Exemplos
A	Estudos compreendendo discussões, em cursos de licenciatura, sobre o discurso da DC e o seu potencial enquanto recurso pedagógico (9).	Galieta (2013); Gomes <i>et al.</i> (2016).
B	Práticas relacionadas ao desenvolvimento e realização de estágio supervisionado na formação inicial de professores (5).	Ferreira e Queiroz (2012b).
C	Investigações em contexto de curso de especialização e formação continuada (6).	Lima e Giordan (2017); Lima e Giordan (2018).
D	Pesquisas cujo direcionamento se encontra no estudo da prática de professores de ciências em atividade (7).	Rocha (2012).

No que tange ao **subfoco A**, Galieta (2013), tendo em vista o estabelecimento de um letramento científico, o qual para o autor diz respeito ao estado ou condição de quem, para além de reconhecer a linguagem científica e entender seus princípios

básicos, exerce práticas sociais que usam o conhecimento científico e tecnológico, relata estratégias didáticas de professores em formação a partir do uso de textos da revista *Ciência Hoje das Crianças*. Assim sendo, nesse estudo observou-se uma variedade de metodologias sugeridas pelos alunos, contudo, no caso específico em que o autor desenvolveu estudo junto a professores formados para os anos iniciais do ensino fundamental, percebe-se escolhas (metodologias e modos de leitura) que pouco diferem daquelas tradicionalmente encontradas em sala de aula e nos livros didáticos. Isso é ratificado quando se verifica que os TDC assumiram nos planejamentos dos futuros professores o papel central de promover o conhecimento do conteúdo científico ou aprofundar conteúdos prévios, função esta que, de acordo com Galieta (2013), são típicas do livro didático. Em conclusão, o autor reforça a necessidade de discussões a seu respeito em curso de formação de professores, de modo a evidenciar a natureza dos TDC e as suas potencialidades para o ensino de ciências.

Alinhando-se à necessidade de melhor formar docentes para o uso do discurso da DC em sala de aula, outra vertente de estudo pertencente ao **subfoco A** refere-se à produção e avaliação de TDC pelos próprios futuros professores (Gomes *et al.*, 2016). Para Gomes *et al.* (2016) a relevância desse tipo de ação é sobressalente à medida que “a experiência que o aluno adquire com uso desse material refletirá na forma como ele vai atuar futuramente [...] entende-se ser necessário que o professor experimente enquanto aluno aquilo que utilizará com seus próprios alunos” (Gomes *et al.*, 2016, p. 401 e 402).

Ainda no contexto da formação inicial de professores destaca-se na literatura o estabelecimento de relações entre a formação de professores e a utilização de TDC em espaços formativos por meio da realização de estágio obrigatório supervisionado (**subfoco B**). Nesse contexto, Ferreira e Queiroz (2012b) analisam a trajetória de treze licenciandos em química na preparação e execução de seus estágios de regência. Em sua investigação, inicialmente os futuros professores tomaram conhecimento de que deveriam redigir e aplicar um projeto de ensino que precisaria contemplar em algum momento o uso de TDC. Na sequência, informações a respeito desse tipo de material foram abordadas juntos aos alunos, que foram então orientados sobre os procedimentos a serem tomados quanto ao estágio observacional e à elaboração de um projeto de estágio de regência.

Com isso, corroborando a variedade de possibilidades que assumem TDC em espaços formativos, da aplicação dos projetos de atividade por parte dos licenciandos, Ferreira e Queiroz (2012b) constataram que, em sua maioria, os TDC atuaram como recurso didático principal, exercendo uma série de funções tais como: mostrar uma visão mais adequada sobre o processo de construção da ciência; fomentar o hábito de leitura; aproximar os educandos da linguagem científica; contextualizar o ensino de química; auxiliar a explicação e o entendimento de diferentes conceitos; e desencadear debates.

Consequentemente, de acordo com os autores, houve nas regências dos futuros professores, por meio de uma série de reelaborações discursivas, uma exploração didática dos TDC de maneira adequada.

Com relação à formação continuada de professores, no que diz respeito ao **subfoco C**, Lima e Giordan (2017) analisaram 400 sequências didáticas produzidas por professores de ciências no âmbito de um curso de especialização oferecido pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP). Os autores verificaram que os TDC se configuraram, principalmente, em oito propósitos pedagógicos: contextualização histórica da ciência; explicação de conceitos; levantamento de concepções; metacognição (fazer com que os estudantes reflitam acerca da produção do conhecimento científico); pesquisa (desenvolvimento, por parte dos estudantes, de investigações baseadas em suportes de DC); produção de materiais; promoção de debate; e trabalho de campo.

Com a realização dessa investigação Lima e Giordan (2017) também frisam que o emprego de TDC em espaços formativos não pode ocorrer de forma direta, faz-se necessário que o discurso da DC passe por um processo de ressignificação pelo professor, deixando de ter fins específicos e configure propósitos de ensino, como os acima citados. Nessa perspectiva, em trabalho posterior, Lima e Giordan (2018), recorrendo aos princípios da Teoria da Atividade propostos por Engeström (2001), evidenciam que esse movimento de ressignificação do discurso da DC compreende as inter-relações de pelo menos cinco sistemas de atividades: da produção da DC; do consumo da DC; da educação científica; do planejamento de ensino; e das atividades de ensino. Isto é, o consumo da DC associado ao sistema de atividades da educação científica subsidia o planejamento de ensino por parte dos professores. Por sua vez, ao apropriar-se da DC em seus planejamentos, dá-se origem ao ensino com uso da DC, que caminhando em conjunto com a aprendizagem, implica no discurso escolarizado da DC.

Com relação ao **subfoco D**, destacamos o trabalho de Rocha (2012). De modo a investigar as contribuições da DC em situações reais de ensino, o autor analisou, por meio de entrevistas, como professores que possuíam de 10 a 20 anos de magistério, faziam uso de TDC em suas aulas. Com isso, Rocha (2012) verificou que os professores consideram a DC importante no sentido de contribuir para a formação do aluno, uma vez que, de acordo com os entrevistados, aumentam o seu vocabulário e conhecimento. No entanto, o autor salienta algumas dificuldades emergentes do diálogo com os professores, como: a compreensão textual do TDC por parte dos alunos; a necessidade de elaboração de dinâmicas e estratégias para o uso desses textos em sala de aula; a falta de tempo; e a rigidez do currículo. Rocha (2012) salienta ainda a necessidade de maiores espaços para que professores da rede de ensino reflitam sobre sua prática e troquem experiências. Analogamente, o autor reforça o potencial da investigação conduzida para o fomento de cursos de formação continuada.

Ponderações sobre DC e suas implicações em contextos escolares

Com base na leitura dos materiais localizados, os trabalhos pautados em ponderações sobre a DC e suas implicações em contextos escolares reforçam as constatações já evidenciadas por Ferreira e Queiroz (2012) em seu levantamento. Apesar do número reduzido de produções enquadradas nesse grupo de investigações, se observa que, para além de concentrarem na natureza e funcionamento dos TDC (Dias e Almeida, 2011; Kinouchi *et al.*, 2012; Santos e Arenghi, 2015; Giordan e Massi, 2019; Santos e Cunha, 2019), existe um apanhado de discussões teóricas relacionadas ao contexto de produção desse material e sua adaptação para o ensino formal de ciências (Lima e Giordan, 2017b; Bertoldo e Giordan, 2017). Cabe destacar que os trabalhos mencionados anteriormente e categorizados em outros grupos apresentam uma série de considerações importantes quanto às implicações da DC em contextos escolares, contudo, abordamos aqui os ensaios teóricos pautados exclusivamente nessa discussão.

A respeito destes trabalhos é comum verificarmos nos textos algumas críticas e desafios concernentes à prática de DC. Primeiramente, Santos e Arenghi (2015), ao estabelecerem e discutirem a relação entre a natureza da ciência e a DC reforçam que diferentes problemáticas podem se apresentar. Iniciando pelo questionamento a respeito de quem constrói a comunicação, cientistas ou jornalistas, nos deparamos com setores diferentes da sociedade que possuem divergências ideológicas, intelectuais, epistemológicas, dentre outras. Além disso, por ser marcado por um caráter mercantil, os autores afirmam que o jornalismo científico busca modos de veiculação da informação que permitam satisfazer a necessidade de venda, atendendo ao máximo os interesses dos leitores. Consequentemente, ao apresentar muitas vezes a ciência de forma maquiada ao público leitor, uma diversidade de concepções equivocadas pode ser instaurada ou até mesmo reforçada.

É sobre esse aspecto que tratam também Bertoldo e Giordan (2017). Para os autores, se configurando como um produto da indústria cultural, quando utilizado em sala de aula o discurso da DC possui muitas vezes a função de formar consumidores acríticos. Para eles, ao passo que a DC tem como objetivo levar o conhecimento científico para toda a população, sua principal função, de controle social, é mascarada. Sobre isso, os autores sinalizam que, para manter certo controle, para além do emprego de uma série de elementos de didatização, verifica-se um discurso que, em geral, enaltece a ciência, o que é temerário. Isso porque, no lugar de contribuir para um maior entendimento a seu respeito, enquanto produto da indústria cultural perpassada por diferentes interesses e ideologias, a DC acaba por mistificá-la ainda mais. Logo, se torna imperativa uma discussão mais sólida a respeito do contexto de produção desse material, o que por sua vez não isenta o professor de uma reflexão crítica sobre essas produções quando da integração de TDC em espaços formativos.

Embora diferentes críticas relatadas por Ferreira e Queiroz (2012) tenham sido observadas nos textos adicionados ao levantamento dos autores, Kinouchi *et al.* (2012) vão na contramão dessas produções ao chamarem a atenção para o papel positivo das metáforas. Considerando-as mais do que apenas uma figura de linguagem, os autores assumem um sentido cognitivo de metáfora caracterizada por permitir a compreensão e a experimentação de um tipo de coisa em termos de outra. Com essa premissa, ao discorrer sobre o seu emprego, extremamente comum no jornalismo científico, os autores ponderam que a tentativa de descrição de sistemas complexos não precisa ser vista como uma apropriação “tosca” ou indevida da terminologia científica, mas como uma forma de atualização ou substituição de metáforas científicas antigas ou invisíveis por outras mais descritivas e semanticamente mais ricas.

Ainda sobre as ponderações a respeito da DC e suas implicações no ensino de ciências, chamamos atenção para o trabalho de Lima e Giordan (2017b), que discorre a respeito da assincronia da interação verbal. Assumindo a DC com uma atividade comunicacional predominantemente assíncrona, o interesse dos autores por esse aspecto reside no fato de que, apesar do grande acervo de trabalhos existente na literatura, não se verificam discussões envolvendo os problemas comunicativos instaurados pelo cenário em que os interlocutores não compõem simultaneamente o contexto comunicativo. Nas palavras dos autores:

Se por um lado essa característica aumenta o alcance da comunicação que não fica restrita ao ato de produção da enunciação, por outro limita os diálogos decorrentes da interpretação do interlocutor, uma vez que este nem sempre pode adentrar na corrente comunicativa para produzir uma réplica destinada a um enunciador fonte (Lima e Giordan, 2017b, p.85).

Em suas considerações, Lima e Giordan (2017b) reforçam que a assincronia é um dos conceitos necessários para compreender o processo de comunicação científica, especialmente a partir da modernização e distribuição online de grande parte desse material. Sendo assim, ao permitir a entrada de novos agentes em cena, tem ocorrido alterações na própria estrutura da comunicação social.

Estado da arte de pesquisas relacionadas a DC

No último grupo de investigações localizadas na literatura sobre o discurso da DC no ensino de ciências, estão as pesquisas envolvendo o estado da arte de produções a seu respeito (Ferreira e Queiroz, 2012; Lima e Ricardo, 2015; Santana *et al.*, 2015; Batistele *et al.*, 2018; Castro e Perticarrari, 2019; Colpo e Wenzel, 2021; Lorenzetti *et al.*, 2021; Souza e Rocha, 2021; Gomes *et al.*, 2021; Silva e Moreira, 2023; Almeida e

Moreno-Rodríguez, 2023; Fanfa *et al.*, 2023; Sousa *et al.*, 2023; Costa *et al.*, 2024; Hungaro e Pugliese, 2024).

As publicações nessa categoria trazem considerações a respeito do acervo de pesquisas relacionadas sobre a DC, sendo algumas delas mencionadas, a seguir. Sobre o trabalho de Ferreira e Queiroz (2012), ao longo da discussão desenvolvida neste texto temos apresentado as diversas considerações fornecidas pelos autores, os quais realizaram sua investigação pautada em periódicos nacionais e nas atas do ENPEC, localizando os grupos de investigações aqui discutidos. Com relação ao restante de trabalhos de estado da arte/revisão, diferentes enfoques são observados.

Lima e Ricardo (2015), interessados em ponderar a respeito da inserção de práticas de leitura em física, apresentam uma revisão bibliográfica envolvendo a relação entre a literatura e o ensino desse componente curricular. Nesse contexto, ganham destaque as obras de DC e o seu papel em espaços formais de ensino. Com subsídios nas colocações de Nascimento e Rezende Júnior (2010), nessa revisão os autores salientam a dicotomia envolvendo as produções sobre DC. Isto porque, o que se verifica na literatura é um baixo índice de publicações em periódicos nacionais ou internacionais, algo que não condiz com a variedade de trabalhos de mestrado e doutorado sobre a temática. Ou seja, os trabalhos envolvendo essa temática não estavam sendo publicados em forma de artigos nas principais revistas de ensino de ciências.

A partir dessa constatação podemos reafirmar que, embora houvesse o interesse pela DC em espaços acadêmicos, pesquisas a seu respeito foram por muito tempo pouco difundidas. Esse fato pode ter conduzido ao cenário atual, marcado pelo descrédito na ciência e sua deslegitimação. Contudo, diante desse contexto que se instalou principalmente a partir da segunda década do século XXI, a prática da DC tem sido vista com novos olhos pela universidade e pelos cientistas, o que implica em um número cada vez maior de discussões contundentes a seu respeito.

Batistele *et al.* (2018) realizaram uma revisão da literatura compreendendo o uso de TDC no ensino de ciências, em particular nos níveis fundamental e médio. De forma semelhante ao levantamento de Ferreira e Queiroz (2012), o estudo dos autores consistiu na busca por publicações em periódicos nacionais da área de ensino de ciências e em atas do ENPEC realizados até o ano de 2015. Os autores avaliaram nas produções localizadas os objetivos didáticos das atividades com TDC, os tipos de textos empregados, as estratégias utilizadas, e as principais contribuições destacadas. A respeito de cada um desses descritores, observou-se, em concordância com a revisão aqui realizada, um número elevado de pesquisas cujo objetivo compreende o favorecimento da aprendizagem de conteúdos científicos. A intenção de desenvolver habilidades de leitura, interpretação e argumentação também foi verificado, contudo em menor frequência.

Alinhando-se também à nossa revisão, dentre as estratégias mais empregadas com o uso de TDC, Batistele *et al.* (2018)

constatarem a presença de muitas atividades em que o foco se encontra no estabelecimento de interações em salas de aula, como por meio de discussões e debates pós-leitura. Quanto à natureza dos textos, foi preponderante, devido à facilidade de acesso conforme sugerimos anteriormente, o uso de revistas de DC em detrimento de obras literárias. Dentre elas destacam-se as revistas *Ciência Hoje* e *Superinteressante*. No mais, o que os autores verificaram foi uma variedade de contribuições e implicações do trabalho com TDC, principalmente no ensino de física.

No que tange ao ensino de química, este é o objeto de investigação de Santana *et al.* (2015). Ao analisarem publicações em cinco diferentes periódicos e trabalhos apresentados no ENPEC e no ENEQ (Encontro Nacional em Ensino de Química), no período de 2011 a 2014, os autores observaram uma predominância significativa de investigações sobre os aspectos gerais da DC comparativamente ao uso de TDC em espaços formativos.

O ensino de biologia foi contemplado na revisão levada a cabo por Castro e Peticarrari (2019), nos trabalhos presentes nas atas do ENPEC até o ano de 2017. Sobre os 29 estudos localizados, os autores concluíram que, para a biologia, os temas mais comuns compreenderam a abordagem sobre o meio ambiente e saúde. Contudo, um aprofundamento sobre a natureza da ciência foi inexistente.

Considerações finais

Tendo em vista o objetivo deste trabalho, o qual visou, por meio da análise de estudos em duas fontes (artigos originais de pesquisa em periódicos nacionais, e trabalhos publicados nas atas do ENPEC), o estabelecimento de um panorama acerca das investigações conduzidas nacionalmente a respeito da relação entre TDC e o ensino de ciências, é notório o crescente interesse de pesquisadores da área sobre a temática. Quantitativamente, foram localizados no período de estudo 144 trabalhos, o que corresponde em aumento de aproximadamente 63,4% em comparação à investigação de Ferreira e Queiroz (2012).

A respeito dos tipos de trabalhos localizados na literatura, observa-se o predomínio de publicações concernente à análise, seleção e/ou caracterização de TDC para fins escolares, o que sugere uma manutenção da tendência observada por Ferreira e Queiroz (2012). Não obstante, também ganham destaque os focos “Experiências em salas de aula” e “Formação de professores e o uso de TDC em contextos escolares”, os quais, juntamente com estudos envolvendo o estado da arte de pesquisa relacionadas à DC, foram os que mais cresceram frente às observações de Ferreira e Queiroz (2012).

Com relação ao foco majoritário, isto é, a “Seleção, caracterização e/ou análise de TDC para fins escolares”, despontam como novas tendências de investigação: os estudos relacionados às características científicas evidenciadas em TDC e suas implicações para o trabalho com a natureza da ciência em salas de aula; e análise de TDC inseridos em livros didáticos. Acerca da

primeira, os trabalhos estão alinhados à necessidade cada vez maior de melhor informar a população a respeito da construção do conhecimento científico, de forma não somente a incentivar jovens para a carreira científica, como também para obter apoio popular e financiamento às mais variadas pesquisas.

Com relação às investigações envolvendo a análise de TDC em livros didáticos, acreditamos que a inserção de tais textos em materiais pedagógicos se sustenta em fatores mercadológicos, em que, visando um maior lucro, autores e editores buscam contemplar aspectos sugeridos por documentos oficiais que irão subsidiar programas de compra e repasse dessas obras, como o PNLD. De acordo com o edital PNLD 2020, consiste em um tópico a ser desenvolvido nos LD, a indicação de outras fontes de pesquisa como artigos de divulgação científica voltadas para o professor usar em aula ou apresentar ao aluno (MEC, 2018). Além disso, com a instituição da BNCC para o ensino médio (Brasil, 2018), que corrobora a incorporação de uma maior diversidade de textos em espaços formativos, a tendência é o número de TDC em obras didáticas relacionadas ao ensino de ciências naturais aumentar.

No que tange às experiências em salas de aula de ciências com TDC, foco em que se observa o maior crescimento, comparativamente ao estudo de Ferreira e Queiroz (2012), é digna de nota a gama de possibilidades observadas na literatura quanto aos objetivos para o uso de TDC em salas de aula do ensino de ciências. Assim, reafirmando o que é pontuado por Ferreira e Queiroz (2012), são várias possibilidades para o emprego de TDC em sala de aula, estabelecer um único método para a sua utilização ficaria muito aquém das potencialidades oferecidas pelos próprios textos.

Comentando acerca das pesquisas que possuem como objetivo relacionar a formação de professores e o emprego do discurso da DC no ensino de ciências, ao mesmo tempo que são múltiplas as funções a ele atribuídas pelos professores e/ou futuros professores, é proeminente o desenvolvimento de ações formativas que os auxiliem no trato desse recurso em sala de aula da educação básica. Nesse sentido, em consonância com Ferreira e Queiroz (2012), compreendemos que as iniciativas relatadas representam caminhos para que os professores tomem conhecimento da existência e das possibilidades de uso de TDC, que por sua vez, pode originar práticas diferenciadas nas salas de aula em que irão atuar.

A partir da leitura das pesquisas de estado da arte envolvendo a DC, é notável o interesse crescente de pesquisadores de diferentes áreas do ensino sobre a temática, ainda que se verifique a predominância de algumas áreas como a física, em detrimento de outras, como a química. Além disso, muitas das considerações apresentadas pelos autores se alinham às observações que apresentamos, principalmente no que diz respeito aos objetivos das atividades pautadas no discurso da DC, e as estratégias empregadas em salas de aula para tanto.

As atas dos ENPEC correspondem a um objeto de investigação relevante, o que reforça a importância desse evento para

as discussões em educação científica e validam a sua escolha para a revisão aqui levada a cabo.

Material suplementar

Tabelas nas quais estão indicados o(s) nome do(s) autor(es), ano de publicação e título dos trabalhos associados a cada subfoco mencionado nos Quadros 3 a 5 estão disponíveis em https://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/QNEsc_24-25_MS.pdf, na forma de arquivo PDF, com acesso livre.

Referências

- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? *Ciência da Informação*, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996.
- ALBUQUERQUE, V. N.; MARCHI, F. e LEITE, C. Uma análise das potencialidades de textos de divulgação científica sobre o caso plutão no ensino de física. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8. Atas... Campinas, 2011.
- ALMEIDA, J. V. V. e MORENO-RODRÍGUEZ, A. S. Um panorama sobre a divulgação científica e a perspectiva ciência, tecnologia e sociedade no ensino de ciências. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14. Atas... Caldas Novas, 2023.
- ALMEIDA, S. A. O texto de divulgação científica em uma aula sobre fermentação nos anos iniciais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 1, p. 255-276, 2020.
- ALMEIDA, S. A. e GIORDAN, M. A revista Ciência Hoje das Crianças no letramento escolar: a retextualização de artigos de divulgação científica. *Educação e Pesquisa*, v. 40, n. 4, p. 999-1014, 2014.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2004.
- BATISTELE, M. C. B.; DINIZ, N. P. e OLIVEIRA, J. R. S. O uso de textos de divulgação científica em atividades didáticas: uma revisão. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 11, n. 3, p. 182-210, 2018.
- BERTOLDO, R. B. e GIORDAN, M. A divulgação científica como um produto da indústria cultural. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11. Atas... Florianópolis, 2017.
- BERTOLO, M. R. V. e CAVALHEIRO, E. T. G. Understanding qualitative analytical chemistry: the development of popular science texts in practical classes. *Química Nova*, v. 48, n. 4, p. 1-10, 2025.
- BORIM, D.C.D.E. e ROCHA, M. B. Análise do potencial didático do livro de ficção científica no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 10, n. 2, p. 1-28, 2017.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>, acesso em jan. 2026.
- BRASIL. *Portaria Mec/CPES nº 83, de 6 de junho de 2011*. Disponível em: [https://www3.sesesp.org.br/portal/pdfs/juridico2011/Portarias/junho/por_capes_83\(06.06.11\).pdf](https://www3.sesesp.org.br/portal/pdfs/juridico2011/Portarias/junho/por_capes_83(06.06.11).pdf), acesso em jan. 2026.
- BUENO, W. C. *Jornalismo científico no Brasil: compromissos de uma prática dependente*. Tese de Doutorado em Comunicação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- CARVALHO, I. L. A. e ROCHA, M. B. Análise da abordagem sobre agrotóxicos na revista Superinteressante: um aporte para o ensino de ciências. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12. Atas... Natal, 2019.
- CASTRO, K. A. e PERTICARRARI, A. O texto de divulgação científica em pesquisas sobre o ensino de ciências e biologia apresentados nos ENPECs de 209 a 2017. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12. Atas... Natal, 2019.
- COLPO, C. C. e WENZEL, J. S. Uma revisão acerca do uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências: inferências e possibilidades. *ALEXANDRIA-Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 1, p. 3-23, 2021.
- COSTA, M. B.; VENEU, F. A. e ROCHA, M. B. Ensino de ciências e o uso de textos de divulgação científica: caracterização dos artigos em periódicos brasileiros. *ALEXANDRIA-Revista de Educação em Ciências e Tecnologia*, v. 17, p. 1-26, 2024.
- CUNHA, B. M. *Divulgação Científica: diálogos com o ensino de ciências*. Paraná: Appris Editora, 2019.
- CUNHA, M. B. e FIORESI, C. A. (orgs.). *Divulgação científica: reflexões para o ensino de ciências*. Rio de Janeiro: Editora Telha, 2024.
- DIAS, R. H. A. e ALMEIDA, M. J. P. M. Possibilidades de funcionamento escolar do texto de jornalismo científico. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8. Atas... Campinas, 2011.
- DINIZ, N. P. e REZENDE JUNIOR, M. F. Textos de divulgação científica na revista Ciência Hoje online: potencial para discussão de aspectos da natureza da ciência. *ALEXANDRIA-Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 12, n. 2, p. 165-194, 2019.
- ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: toward an activity-theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, v. 14, n. 1, p. 133-156, 2001.
- FAÇANHA, A. A. B. e ALVES, F. C. Popularização das ciências e jornalismo científico: possibilidades de alfabetização científica. *Amazônia Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 13, n. 26, p. 41-45, 2017.
- FANFA, M. S.; MATTOS, K. R. C.; SANTOS, L. S. e NETO, L. C. B. T. Divulgação científica na formação inicial sob a perspectiva do ensino de ciências: uma revisão nas teses e dissertações. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14. Atas... Caldas Novas, 2023.
- FERREIRA, L. N. A. e QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica na formação inicial de professores de química. *ALEXANDRIA-Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 2, p. 43-67, 2012b.
- FERREIRA, L. N. A. e QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma revisão. *ALEXANDRIA-Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 1, p. 3-31, 2012.
- GALIETA, T. Possibilidades de inserção de textos da revista Ciência Hoje das Crianças nos anos iniciais: explorando concepções de leitura de futuros professores. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 3, n. 2, p. 1-24, 2013.
- GERALDI, J. W. *Ancoragens - Estudos Bakhtinianos*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2010, 176 p.

- GIORDAN, M. e MASSI, L. A revista Ciência Hoje das Crianças e o encaminhamento para carreiras científicas: uma análise do cronotopo da seção “Eu li, eu leio”. *Ciência & Educação*, v. 25, n. 4, p. 927-944, 2019.
- GLEISER, M. *A dança do universo – dos mitos de criação ao Big Bang*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.
- GRIGOLETTO, E. *O discurso da divulgação científica: um espaço discursivo intervalar*. Tese de Doutorado em Letras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- GOMES, V. B.; LIMA, F. R. S. e MELO, M. S. Uso didático de textos de divulgação científica nas aulas de ciências. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13. Atas... Virtual, 2021.
- GOMES, V. B.; SILVA, R. R. e MACHADO, P. F. L. Elaboração de textos de divulgação científica e sua avaliação por alunos de licenciatura em química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p. 387-403, 2016.
- HOERNING, A. F.; MASSONI, N. T. e LIMA, N. W. As visões sobre a ciência e sobre a realidade nos enunciados de Richard P. Feynman: uma análise metalinguística de alguns de seus textos didáticos e de divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, 2020.
- HUNGARO, A. R. O. e PUGLIESE, A. Enfoques e abordagens de artigos sobre divulgação científica publicados em periódicos brasileiro. *Educação e Pesquisa*, v. 50, e275685, 2024.
- KINOUCI, O.; KINOUCI, J. M. e MANDRÁ, A. A. Metáforas científicas no discurso jornalístico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 4, p. 1-12, 2012.
- LIMA, G. S. O professor e a divulgação científica: apropriação e uso em situações formais de ensino. Tese de Doutorado em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- LIMA, G. S. e GIORDAN, M. Características do discurso de divulgação científica: implicações da dialogia em uma interação assíncrona. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 2, p. 83-95, 2017b.
- LIMA, G. S. e GIORDAN, M. O movimento docente para o uso da divulgação científica em sala de aula: um modelo a partir da toeira da atividade. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 493-520, 2018.
- LIMA, G. S. e GIORDAN, M. Propósitos da divulgação científica no planejamento de ensino. *Revista Ensaio*, v. 19, p. 1-23, 2017.
- LIMA, G. S. e RICARDO, E. C. Física e literatura: uma revisão bibliográfica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 3, p. 577-617, 2015.
- LOIOLA, L.; ZANCUL, M. S. e BIZERRIL, M. X. A. Uso de textos de divulgação científica no desenvolvimento de temas de educação em saúde na educação de jovens e adultos. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9. Atas... Águas de Lindóia, 2013.
- LORENZETTI, C. S.; RAÍCIK, A. C. e DAMASIO, F. Divulgação científica: para quê? Para quem? – pensando sobre a história, filosofia e natureza da ciência em uma revisão na área de educação científica no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 21, 2021.
- MARTINS, J. T. e OLIVEIRA, E. A. G. Atividades experimentais de física da revista Ciência Hoje das Crianças. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 455-478, 2020.
- MEC. Ministério da Educação, *Edital de convocação 01/2018*. Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras literárias para o programa nacional do livro didático e do material didático (PNLD 2020). Disponível em: https://www.fn.de.gov.br/phocadownload/programas/Livro_Didatico_PNLD/Editais/2020/EDITAL_PNLD_2020__CONSOLIDADO_7__RETIFICACAO.pdf, acesso em jan. 2026.
- MONERAT, C. A. A. e ROCHA, M. B. A biologia celular em textos de divulgação científica. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11. Atas... Florianópolis, 2017.
- MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí, 2011.
- MOTA, G. P. R.; GONTIJO, G. B. e OLIVEIRA, J. R. S. A revista “Pesquisa FAPESP” como recurso para abordagem da sociologia da ciência. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 3, p. 953-938, 2017.
- NASCIMENTO, T. G. e REZENDE JUNIOR, M. F. A produção de textos de divulgação científica na formação inicial de licenciandos em ciências naturais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2010.
- OLIVEIRA, M. B. C.; CATANHEDE, L. B. e CATANHEDE, S. C. S. Investigando aproximações entre textos de divulgação científica e livros didáticos de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 3, p. 601-615, 2020.
- ORLANDI, E. P. *Análise de discurso: princípios e procedimento*. Campinas: Pontes, 2012.
- PAGLIARINI, C. R. e ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. *Ciência & Educação*, v. 22, n. 2, p. 299-317, 2016.
- PEZZO, M. Cultura científica e cultura de mídia: relações possíveis (e necessárias) na prática de divulgação da ciência. *In: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (Org.) ComCiência e divulgação científica*. Campinas: BCCL/UNICAMP, 2018.
- ROCHA, M. B. O potencial didático dos textos de divulgação científica segundo professores de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 5, n. 2, p. 47-68, 2012.
- ROCHA, M. B. e NICODEMO, J. F. O. O papel da divulgação científica na difusão de conhecimentos ambientais na educação básica. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 3, n. 2, p. 34-45, 2013.
- ROCHA, M. B. e VARGAS, M. Estudo da linguagem de textos de divulgação científica. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10. Atas... Águas de Lindóia, 2015.
- SANTANA, D. C. B.; DANTAS, J. M. e NUNES, A. O. Textos de divulgação científica: análise da produção em eventos e periódicos em ensino (2011 – 2014). *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10. Atas... Águas de Lindóia, 2015.
- SANTOS, P. G. F. e ARENGHI, L. E. B. A articulação da natureza da ciência e divulgação científica no ensino por meio das questões sociocientíficas. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10. Atas... Águas de Lindóia, 2015.

- SANTOS, S. C. S. e CUNHA, M. B. Uma revisão sobre análises de discurso em divulgação científica: potencial de carnavalização. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12. Atas... Natal, 2019.
- SILVA, G. B.; FERREIRA, L. N. A.; SILVA, O. B. e QUEIROZ, S. L. Abordagem do tema biocombustíveis no ensino médio: textos de divulgação científica em foco. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 246-255, 2020.
- SILVA, L. A. e MOREIRA, L. M. Divulgação científica de temas controversos no ensino de ciências: revisão integrativa. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14. Atas... Caldas Novas, 2023.
- SILVA, W. M. e ZANOTELLO, M. Discursos sobre física contemporânea no ensino médio a partir da leitura de textos de divulgação científica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 1, p. 45-74, 2017.
- SOUSA, A. C.; MUXFELD, A. K.; JUSTINA, L. A. D. e MEGLHIORATTI, F. A. A presença do tema eugenia em uma revista de divulgação científica no período de 1990 a 2009. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 14, n. 1, p. 31-53, 2014.
- SOUSA, C. H. S.; SILVA, J. L. S.; MENDES, F. H. N. e NERY, F. M. S. Educação ambiental com base em textos de divulgação científica como estratégia de ensino teórico-prático de ciências. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14. Atas... Caldas Novas, 2023.
- SOUZA, P. H. R. e ROCHA, M. B. O caráter híbrido dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos. *Ciência & Educação*, v. 24, n. 4, p. 1043-1063, 2018.
- SOUZA, P. H. R. e ROCHA, M. B. Sistemática filogenética em revista de divulgação científica: análise da Scientific American Brasil. *ALEXANDRIA-Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 1, p. 75-99, 2015.
- SOUZA, P. H. R. e ROCHA, M. B. Divulgação científica e ensino de zoologia: abordagem em produções do ENPEC. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13. Atas... Virtual, 2021.
- TARGINO, A. R. L. e GIORDAN, M. Textos literários de divulgação científica no ensino da lei periódica: potencialidades e limitações. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10. Atas... Águas de Lindóia, 2015.
- URIAS, G. e ASSIS, A. Análise de biografias de Einstein em dois livros de divulgação científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 207-228, 2012.
- VIEIRA, B. G. E.; MENDONÇA, R. B.; PASTORIZA, B. S. e SOARES, A. C. Uma revisão bibliográfica sobre a divulgação científica em eventos da área de ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 47, n. 1, p. 61-74, 2025.
- ZAMBONI, L. M. S. *Cientistas, jornalistas e a divulgação científica: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica*. Campinas: Autores Associados, 2001.
- ZANOTELLO, M. e ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura de um texto de divulgação científica em uma disciplina de física básica na educação superior. *Revista Ensaio*, v. 15, n. 3, p. 113-130, 2013.

Metodologias ativas no Ensino de Química: uma revisão integrativa

Active methodologies in Chemistry Teaching: an integrative review

Anike A. Arnaud

354

Resumo: No contexto do Ensino de Química, a implementação de metodologias ativas tem assumido um papel de destaque, argumentando-se a partir da necessidade de fomentar a participação ativa dos estudantes. Diante disso, neste artigo busca-se apresentar uma revisão integrativa da literatura que abarca as publicações no campo do Ensino de Química, incluindo tanto uma análise cienciométrica quanto uma análise qualitativa dos artigos que discutem metodologias ativas. Na análise cienciométrica indicadores gerais de publicação, como a quantidade de trabalhos e a cronologia das publicações, indicadores de conteúdo, como as principais palavras-chave identificadas nos artigos, indicadores de autoria, que abrangem dados de produtividade e os principais autores envolvidos na produção científica, e indicadores de referência, que incluem a tipologia das referências utilizadas nos trabalhos analisados. Na análise qualitativa analisou-se diferentes aspectos, tais como a definição de metodologias ativas utilizada pelos autores; a relação estabelecida pelos autores com teorias de aprendizagem consolidadas na área de Ensino de Química; e o papel do professor nas atividades realizadas. Neste contexto, foram observadas ausências nas publicações sobre metodologias ativas no Ensino de Química, especificamente sobre os referenciais teóricos adotados, sobre a relação com teorias de aprendizagem, sobre a definição de metodologias ativas adotada e sobre o papel dos professores nessas atividades. Em conclusão, destacam-se diversas atividades atribuídas aos professores que devem ser articuladas na concepção e aplicação de metodologias ativas.

Palavras-chave: cienciométrica, teorias de aprendizagem, protagonismo

Abstract: In the context of chemistry teaching, the implementation of active methodologies has taken on a prominent role, based on the need to encourage active student participation. In view of this, this article seeks to present an integrative review of the literature covering publications in the field of chemistry teaching, including both a scientometric analysis and a qualitative analysis of articles discussing active methodologies. The scientometric analysis used general publication indicators, such as the number of works and the chronology of publications, content indicators, such as the main keywords identified in the articles, authorship indicators, which cover productivity data and the main authors involved in scientific production, and reference indicators, which include the type of references used in the analyzed works. The qualitative analysis examined different aspects, such as the definition of active methodologies used by the authors; the relationship established by the authors with consolidated learning theories in the field of chemistry education; and the role of the teacher in the activities carried out. In this context, gaps were identified in publications on active methodologies in chemistry teaching, specifically regarding the theoretical references adopted, the relationship with learning theories, the definition of active methodologies adopted, and the role of teachers in these activities. In conclusion, several activities assigned to teachers stand out and should be articulated in the design and application of active methodologies.

Keywords: scientometrics, learning theories, protagonism

Anike A. Arnaud (anikearnaud@yahoo.com.br) é licenciada em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), mestra e doutora em Química pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus-BA, Brasil.

Recebido em 07/09/2025; aceito em 02/03/2026

A seção “Cadernos de Pesquisa” é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.



Introdução

No contexto contemporâneo, marcado por transformações sociais, culturais e educacionais, emergem novas demandas para o processo de ensino e aprendizagem que exigem uma reflexão cuidadosa. A simples adoção de Metodologias Ativas (MA) nas salas de aula, por si só, não constitui uma resposta completa aos desafios da educação. Essas metodologias representam apenas um dos elementos em um conjunto mais amplo de influências que atravessam as práticas pedagógicas e orientam diferentes concepções de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, torna-se evidente a necessidade de revisar criticamente as ações educativas, reconhecendo que a incorporação de MA não deve ser compreendida como uma solução universal.

Além disso, é importante destacar que os estudos teóricos sobre ensino e aprendizagem contribuem para compreender como cultura, mente e cérebro se articulam na construção do conhecimento, evidenciando a complexidade envolvida nesses processos. Nesse contexto, tornam-se inevitáveis os questionamentos sobre concepções pedagógicas que ainda predominam em muitas instituições escolares, especialmente diante das incertezas sobre sua adequação para responder às demandas educacionais atuais.

No contexto da busca por responder às demandas formativas das novas gerações de estudantes, observa-se, entre pesquisadores da área de Educação/Ensino, a defesa da adoção das MA no processo de ensino e aprendizagem (Bacich e Moran, 2018; Soares, 2021). Embora frequentemente associadas a debates contemporâneos, essas propostas não constituem um movimento recente, pois encontram raízes históricas na Escola Nova.

Em sua essência, as MA se fundamentam no enfoque problematizador, que se configura como uma estratégia didática destinada à integração dos conhecimentos teóricos e práticos, com o propósito de fomentar uma postura crítica e reflexiva. Nesse sentido, as práticas educacionais devem ser orientadas pelo aluno, sendo o professor concebido como um mediador no processo de ensino e aprendizagem.

No âmbito do Ensino de Química, a adoção de MA considera a necessidade de estimular a participação ativa dos estudantes e promover a compreensão dos conceitos químicos. Contudo, é observável um baixo número de trabalhos que exploram especificamente essa abordagem no Ensino de Química, o que ressalta a urgência de pesquisas e práticas voltadas para a discussão das MA nesse campo de estudo.

Diante desse cenário, neste estudo, propõe-se sistematizar e analisar as MA empregadas no Ensino de Química, conforme documentadas em periódicos nacionais. Nessa perspectiva, o presente artigo visa apresentar uma revisão integrativa da literatura que abrange as publicações no campo de Ensino de Química, englobando tanto uma análise cienciométrica, quanto uma análise qualitativa dos artigos que abordam o uso de MA. Desta forma, almeja-se ampliar as compreensões sobre estes aspectos, em consonância com as discussões anteriores sobre a importância das MA no contexto educacional atual.

Metodologias ativas: concepções e discussões

Conforme Berbel (2011), as MA são caracterizadas como ferramentas para facilitar o processo de aprendizagem, podendo incluir a aplicação de experiências, sejam elas reais ou simuladas, com o intuito de resolver problemas ou enfrentar desafios presentes nos diversos contextos da vida social. Paiva *et al.* (2016) acrescentam que essas metodologias podem adotar diferentes modelos e estratégias, indicando que, embora compartilhem um objetivo comum, não apresentam uniformidade em seus pressupostos teóricos e metodológicos.

Cunha e colaboradores (2022) realizaram uma revisão de publicações que apresentam MA e propuseram uma definição a partir da análise dessas publicações. Os autores descrevem Metodologias Ativas como:

um conjunto de metodologias que têm como finalidade uma educação crítica e problematizadora da realidade, cujo foco está no estudante como protagonista da sua aprendizagem, sendo o estudante o centro do processo de construção do conhecimento, ancorado na ideia de autonomia e pensamento crítico-reflexivo (Cunha *et al.*, 2022, p. 10).

Os autores também destacam que, independentemente da metodologia, as atividades são centradas no protagonismo do estudante, caracterizado por sua participação ativa de maneira crítica e reflexiva, e no papel mediador desempenhado pelo professor, o qual nem sempre é claramente definido nos artigos (Cunha *et al.*, 2022).

Diante desse ponto de vista, é importante ressaltar que a postura do indivíduo em relação à aprendizagem influencia diretamente sua participação no processo de construção do conhecimento. Nesse sentido, para ser verdadeiramente ativa, não é suficiente que o aluno simplesmente participe de uma atividade, é essencial que seu engajamento envolva o uso consciente de sua inteligência na busca pela resolução das tarefas propostas. Barbosa e Moura (2013) demonstram o processo de uso ativo da inteligência durante a aprendizagem. Segundo os autores, a ativação do aprendizado demanda a interação do aluno com o tema, manifestada por meio da escuta, expressão verbal, questionamento, debate, prática, entre outros. É nesse engajamento que o aluno é incentivado a construir seu próprio conhecimento, contando com o apoio do professor, que desempenha o papel de orientador e mediador ao longo de todo o processo.

Nesse contexto, destaca-se a importância da integração entre teoria e prática, ensino e serviço, entre as diversas disciplinas, como enfatizado por Moran (2015), para o reconhecimento das MA. Os proponentes dessa abordagem acreditam que seu emprego na aprendizagem visa auxiliar o estudante a descobrir fenômenos, compreender conceitos de maneira autônoma e

relacioná-los aos seus conhecimentos prévios. O conhecimento a ser construído é considerado mais significativo do que simplesmente uma informação apresentada ao sujeito e passivamente assimilada por ele.

Assim, acredita-se que em um processo de aprendizagem ativa, o estudante assume o papel central na construção de seus conhecimentos, pois há uma participação ativa de sua parte no processo de aprendizagem. Além disso, o professor é percebido como um mediador entre o aluno e o conhecimento, desempenhando um papel de facilitador. Nesse contexto, o foco do aprendizado reside na interação entre professor e alunos, entre os próprios alunos, o que destaca a importância do trabalho em grupo (Barbosa e Moura, 2013; Moran, 2015).

Em contraponto a essa perspectiva, na qual o uso das MA envolve a mediação do professor, que atua como um “facilitador” da aprendizagem sem assumir um papel de protagonismo, pesquisas têm buscado destacar a importância do professor no processo de ensino e aprendizagem.

Cunha e colaboradores (2022) destacam que, considerando essa perspectiva que caracteriza o professor como simples “animador”, parece que a presença do professor em sala de aula se torna dispensável. Segundo Henrique *et al.* (2014), a concepção de um “animador” ou “facilitador” no contexto educacional sugere que tal papel seja substituível, visto que qualquer indivíduo, sem uma formação específica, poderia assumir a função de professor. Assim, de acordo com os autores, essa perspectiva resulta na desvalorização do trabalho docente e da escola como ambiente de aprendizagem, uma vez que a didática, o currículo e as ementas perdem sua relevância como base para as atividades em sala de aula. Diante disso, é necessário analisar de maneira crítica esse tipo de abordagem, que tem redefinido a função do professor, já que seu papel não é considerado protagonista, sendo ele um mediador.

Dado esse cenário, esta pesquisa busca compreender como esses aspectos estão sendo discutidos na área de Ensino de Química. Dessa forma, busca-se investigar, por meio de uma revisão integrativa, a definição de MA utilizada pelos autores, a relação estabelecida com teorias de aprendizagem e qual o papel do professor nas atividades desenvolvidas.

Revisão integrativa

O estudo a ser apresentado neste artigo consiste em uma revisão integrativa da literatura. A revisão integrativa emerge como uma abordagem metodológica na pesquisa acadêmica, destinada à análise abrangente da literatura pertinente a uma determinada área, independentemente das metodologias empregadas nos estudos. Este método busca não apenas reunir os resultados de diversas investigações sobre um tema específico, mas também sintetizá-los de maneira sistemática, com o propósito de aprofundar o entendimento acerca do assunto em questão (Mendes *et al.*, 2008). Além disso, essa abordagem permite identificar lacunas no conhecimento existente, estimulando

a proposição de novas pesquisas. Ao consolidar informações provenientes de estudos prévios, a revisão integrativa possibilita a síntese de conhecimentos, potencializando a geração de novas perspectivas embasadas nos achados científicos anteriores (Botelho *et al.*, 2011).

A revisão integrativa compreendeu seis etapas: (i) delimitação de um tema; (ii) determinação de parâmetros de busca na literatura; (iii) caracterização dos artigos encontrados no processo de revisão; (iv) avaliação crítica dos estudos selecionados; (v) análise e interpretação dos resultados; (vi) elaboração da revisão (Botelho *et al.*, 2011). A Figura 1 representa a síntese das etapas da revisão integrativa.

A primeira etapa envolveu a identificação do tema e a seleção da questão de pesquisa. Isso inclui a definição clara e específica da pergunta de pesquisa, seguida pela determinação dos descritores ou palavras-chave, da estratégia de busca e dos bancos de dados a serem utilizados. Essa etapa requer uma abordagem sistemática e apropriada para identificar os elementos descritivos dos itens de informação em cada base de dados, a fim de construir uma estratégia de busca coerente (Botelho *et al.*, 2011).

Neste estudo a questão que foi investigada se refere a: *Como as Metodologias Ativas são discutidas no Ensino de Química?* A busca pelos artigos foi conduzida no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na base de dados *Scielo*.

A pesquisa foi conduzida durante o primeiro semestre do ano de 2025 e abrangeu a busca por todos os artigos publicados até o mês de dezembro de 2024. Para a busca e seleção de artigos, utilizamos os descritores “Metodologias ativas” e “Química” no campo de busca geral, sem especificar um período temporal, uma vez que a delimitação cronológica poderia resultar na exclusão de contribuições relevantes, sendo tal proposta condizente com a pesquisa cienciométrica. Inicialmente, encontrou-se um total de 202 artigos.

A segunda etapa consistiu no estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos estudos a serem considerados na revisão. Esses critérios podem ser ajustados ao longo do processo de busca de artigos e elaboração da revisão integrativa, sendo essencial que sejam claros e objetivos. A seleção dos artigos geralmente começa de forma ampla e é refinada à medida que o pesquisador volta à questão inicial, dado que a busca na literatura nem sempre é um processo linear (Botelho *et al.*, 2011).

Na terceira etapa, os estudos pré-selecionados são identificados por meio da análise dos títulos, resumos e palavras-chave de todas as publicações obtidas na busca inicial. Caso essas informações não sejam suficientes para determinar a inclusão do estudo, a publicação completa é consultada. Os estudos que atendem aos critérios de inclusão são então compilados em uma tabela para a revisão integrativa (Botelho *et al.*, 2011).

Após a busca dos artigos, estabeleceu-se os seguintes critérios de inclusão: a) artigos que apresentassem o descritor

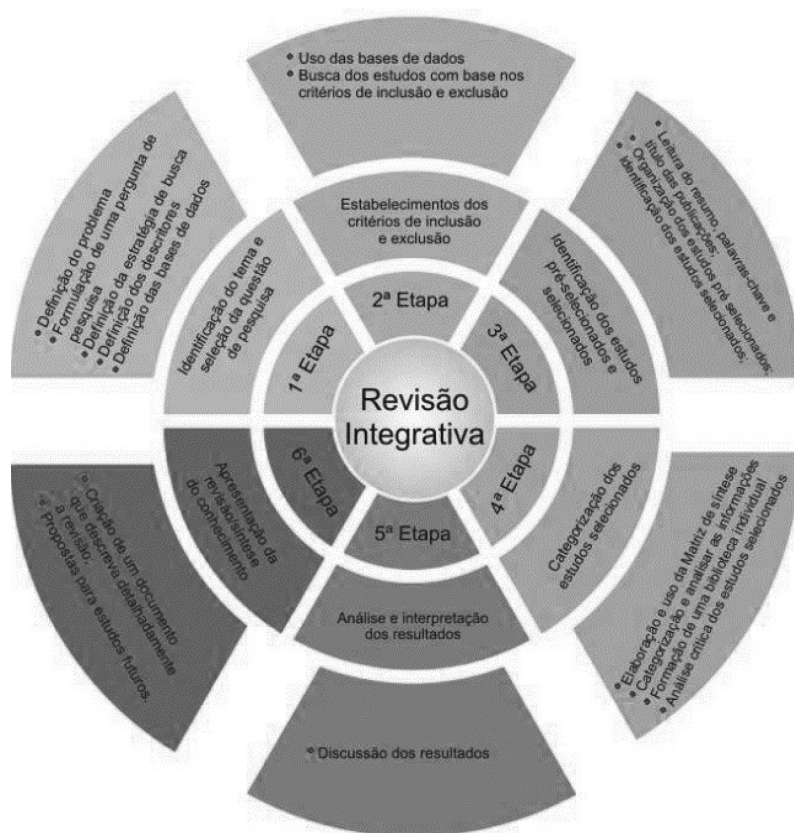


Figura 1. Processo de revisão integrativa. Fonte: Botelho *et al.* (2011, p. 129)

“metodologias ativas” no título, assunto, resumo ou palavras-chave; b) artigos que abordassem o descritor “Química” no título, assunto, resumo ou palavras-chave. A partir dos critérios de inclusão e da tabela inicial, selecionou-se um total de 47 artigos, de diferentes campos de conhecimento, os quais constituíram a amostra desta pesquisa. Após a separação dos trabalhos, todos foram baixados no computador, codificados e preparados para a etapa de análise.

Na quarta etapa da revisão integrativa, busca-se resumir e documentar as informações obtidas dos artigos científicos selecionados nas etapas anteriores. Para analisar as informações coletadas nos artigos científicos, o pesquisador deve criar categorias analíticas que facilitem a organização e sumarização de cada estudo. Essa categorização pode ser conduzida de forma descritiva, na qual o pesquisador destaca os dados mais relevantes para seu estudo (Botelho *et al.*, 2011).

No processo de documentação das publicações selecionadas neste estudo recorre-se à análise cienciométrica. Os estudos cienciométricos se encarregam de “avaliar a produção científica, mediante indicadores numéricos e uso de técnicas e análises estatísticas amplamente discutidos e validados” (Razera, 2011, p.1).

Para a composição do perfil cienciométrico empregou-se indicadores gerais de publicação, incluindo a quantidade de trabalhos e a cronologia das publicações, além de indicadores de conteúdo, como as principais palavras-chave identificadas nos artigos. Também considerou-se indicadores de autoria,

que abrangem dados de produtividade e os principais autores envolvidos na produção científica. Por fim, examinou-se os indicadores de referência, que incluem a tipologia das referências utilizadas nos trabalhos analisados. Os indicadores estão resumidos no Quadro 1.

Para a categorização inicial agrupou-se os estudos em dois grupos principais. O primeiro refere-se a publicações que discutem as metodologias de maneira geral e abrangente, sem especificar uma metodologia específica. No segundo grupo, reuniu-se publicações que envolvem a apresentação de uma MA específica para um conteúdo de Química.

Cabe acrescentar que os estudos presentes no segundo grupo também fizeram parte de uma análise qualitativa, na qual investigou-se diferentes aspectos críticos sobre as MA, tais como as categorias: a) a definição de metodologias ativas utilizada pelos autores; b) a relação estabelecida pelos autores com teorias de aprendizagem consolidadas na área de Ensino de Química; e c) o papel do professor nas atividades realizadas. As categorias estão resumidas no Quadro 1. Dessa forma, o número de total de artigos que foram investigados na análise qualitativa foi de 32.

A quinta etapa da revisão integrativa, consiste na análise e interpretação dos resultados. Nessa etapa, o pesquisador discute e interpreta os textos analisados na revisão integrativa, identificando lacunas de conhecimento e sugerindo direções para pesquisas futuras. A sexta etapa visa permitir a replicação do estudo, fornecendo informações para que os leitores possam

Quadro 1. Categorias do estudo

Análise Cienciométrica	Quantidade de trabalhos	
	Cronologia das publicações	
	Principais palavras-chave	
	Quantidade de autores por artigo	
	Principais autores	
	Tipologia das referências	Subcategorias
Análise Qualitativa	a) Definição de metodologias ativas utilizada pelos autores	Críticas à abordagem tradicional Problematização Protagonismo do aluno
	b) Relação estabelecida pelos autores com teorias de aprendizagem	Não apresenta referencial Psicologia Histórico-Cultural Teoria da Aprendizagem Significativa
	c) Papel do professor nas atividades realizadas	Não é mencionado Ministrar e explicar o conteúdo Solucionar dúvidas ou corrigir erros Não é necessário para o desenvolvimento da atividade

Fonte: Organizado pela autora.

358 avaliar a relevância dos procedimentos utilizados na revisão (Botelho *et al.*, 2011). Segundo Mendes *et al.* (2008), essa etapa é de extrema importância, visto que contribui para a ampliação de conhecimento sobre a temática investigada.

Assim, a análise e interpretação dos resultados desta investigação consiste na análise cienciométrica, bem como na análise qualitativa dos aspectos mencionados. Para as etapas foi utilizado o *software* MAXQDA¹ na compilação, sistematização, organização e categorização dos dados.

Perfil cienciométrico das publicações

A partir dos descritores utilizados, encontrou-se 47 produções. Não se estabeleceu um recorte temporal, resultando no primeiro artigo datado de 2016. Entretanto, observa-se um aumento nas publicações a partir de 2020 (dados descritos no Quadro 2).

Quadro 2. Distribuição dos artigos de acordo com o ano de publicação

Ano de publicação	Artigos publicados
2016	1
2019	1
2020	6
2021	9
2022	10
2023	5
2024	15

Fonte: Organizado pela autora.

A partir da leitura do Quadro 2 observa-se que há uma ausência de publicações entre 2017 e 2018, o que pode ser

atribuído a diferentes aspectos: i) entre 2016 e 2018 o Brasil vivenciou um cenário de instabilidade política e mudanças significativas nas políticas públicas educacionais, esse cenário pode ter gerado uma concentração dos esforços de pesquisa em análises sobre currículo e políticas, em detrimento da produção voltada diretamente para MA no Ensino de Química; ii) embora a discussão sobre MA tenha crescido internacionalmente, no Brasil a sua incorporação ao Ensino de Química começou de forma tímida, nesse período ainda havia uma fase de apropriação conceitual, sem reflexos imediatos em produções acadêmicas.

Já o aumento de publicações a partir de 2020 pode ser atribuído ao Ensino Remoto Emergencial imposto no contexto pandêmico e a ampliação das discussões sobre a temática. Além disso, o expressivo aumento de publicações sobre MA em 2024 pode estar relacionado tanto à ampliação das discussões pedagógicas em torno da temática, quanto à incorporação mais recente das Inteligências Artificiais Generativas (IAG) no contexto formativo. Em propagandas comerciais destaca-se que as ferramentas IAG podem oferecer suporte à elaboração de resumos e materiais personalizados, liberando tempo de aula para debate e experimentação, além de possibilitarem personalização de trajetórias de aprendizagem diferenciadas que podem favorecer a autonomia discente.

No que diz respeito ao indicador de conteúdo, utilizou-se os princípios da Lei de Zipf da Ciencimetria, que avalia e classifica a frequência de palavras em diferentes textos (Spinak, 1996). Nesse contexto, as palavras mais frequentes indicam o tema central do documento (Araújo, 2006) e têm uma forte correlação com o núcleo da temática em estudo (Vanti, 2002). Dessa maneira, analisou-se as palavras-chave mais frequentes, as quais podem ser observadas na nuvem de palavras.

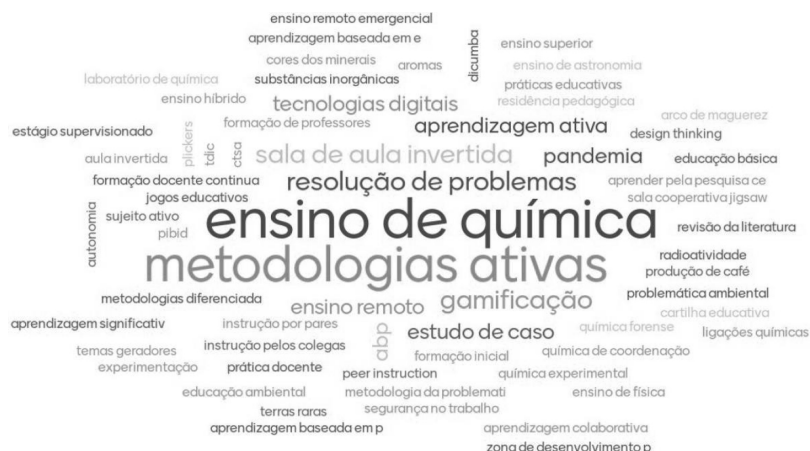


Figura 2. Palavras-chave descritas nos artigos selecionados. Fonte: Organizado pela autora.

Ao todo, encontrou-se 164 palavras-chaves. Destaca-se também que a palavra-chave mais citada foi “Ensino de Química”, sendo citada em 29 artigos; esta foi seguida pela palavra-chave “metodologias ativas”, repetida 25 vezes.

Em relação ao indicador de autoria, investigou-se a composição dos autores considerando o número de autores por artigo, variando de 1 a 6, e a contagem de autores para observar a produtividade (dados presentes no Quadro 3). Nesse aspecto, destaca-se que a maioria dos trabalhos apresenta 2 autores, representando 44% da amostra, e apenas três autores estão presentes em mais de uma produção.

Quadro 3. Indicador de autoria

	Quantidade de artigos
1 autor	2
2 autores	21
3 autores	13
4 autores	6
5 autores	2
6 autores	3

Fonte: Organizado pela autora.

Na contagem direta, destacam-se alguns aspectos: a) 132 dos 135 autores produziram apenas 1 trabalho; b) apenas 3 autores contribuíram em mais de duas publicações; c) nenhum autor contribuiu em mais de 4 trabalhos. A contribuição dos autores que aparecem em mais de uma publicação pode ser observada no Quadro 4.

Observa-se que os autores com mais de uma publicação

Quadro 4. Autores que contribuíram em mais de uma publicação

Autor	Quantidade de trabalhos
LEITE, B. S.	4
BEDIN, E.	3
GIBIN, G. B.	2

Fonte: Organizado pela autora.

tendem a dividir a autoria com apenas um, ou no máximo dois coautores, sugerindo que tais produções possivelmente derivam de pesquisas de pós-graduação orientadas por esses autores indicados no Quadro 3. Por outro lado, a predominância de autores com única contribuição pode refletir relatos de experiências pontuais de atividades desenvolvidas em projetos específicos, como o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) ou o Programa de Residência Pedagógica (PRP), que geralmente envolvem múltiplos autores. Nesses casos, os autores que aparecem apenas em um trabalho provavelmente não aprofundaram investigações sobre a temática, limitando-se à descrição das experiências realizadas, o que demonstra um caráter mais exploratório e descritivo da produção científica sobre MA no Ensino de Química.

Com relação ao indicador de referências, ao todo foram observadas 1151 referências (dados no Quadro 5). Estas foram categorizadas de acordo com o tipo de obra, permitindo assim uma compreensão do uso da informação científica.

Quadro 5. Indicador de referência

Tipologia das referências	Quantidade	%
Artigos	617	53
Livros e capítulos de livros	324	28
Trabalhos de eventos	95	8
Teses, Dissertações e Trabalho de Conclusão de Curso	57	5
Sites	26	2
Leis	21	2
Currículos	11	1

Fonte: Organizado pela autora.

Em relação aos artigos, Razera (2016, p. 576) afirma que “os periódicos são relevantes ferramentas de difusão de conhecimentos científicos e, quando consolidados, se tornam referências obrigatórias nas suas respectivas áreas”. As atas e os anais de congresso também se destacaram como fontes teóricas nos trabalhos, apresentando um percentual de 8%.

Vale destacar a utilização de dissertações (34), teses (11) e trabalhos de conclusão de curso (12), indicando que os autores recorreram a fontes originais de pesquisa com pouca frequência. Identificou-se também referências que são utilizadas em mais de três produções, apresentadas no Quadro 6.

Também foram identificadas quais MA eram utilizadas, observando-se uma predominância de artigos que não discutiam uma única metodologia, mas abordavam de maneira geral ou apresentavam mais de uma. O Quadro 7 apresenta a distribuição e as metodologias citadas.

Assim, observa-se a predominância de MA que envolvem a problematização e o uso de questões para organizar atividades. É preciso acrescentar que essas foram as metodologias encontradas a partir da cadeia de busca descrita na seção de metodologia, ou seja, outras MA também são usadas no Ensino de Química, apenas não compuseram os dados deste estudo.

Análise qualitativa

A análise qualitativa contemplou apenas artigos que apresentavam e discutiam uma metodologia ativa sendo utilizada para abordar conceitos de Química. Essa análise foi realizada em 32 artigos, nos quais investigou-se a) a definição de metodologias ativas utilizada pelos autores; b) a relação estabelecida pelos autores com teorias de aprendizagem consolidadas na área de Ensino de Química; e c) o papel do professor nas atividades realizadas.

Com relação à definição de MA adotada nos artigos, observou-se três diferentes subcategorias. Na primeira subcategoria, presente na maioria dos trabalhos, a definição de MA parte de críticas à abordagem tradicional de ensino. Nesse caso, as pesquisas definem que as metodologias se situam “como crítica à passividade do aluno diante do protagonismo do professor, cenário vivenciado na escola tradicional” (Félix e Lima, 2021,

Quadro 6. Referências que foram citadas em três ou mais publicações

Referência	Tipo	Quantidade
BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.	Currículo	10
BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. Semina: ciências sociais e humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25- 40, jan./jun., 2011.	Artigo	10
MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens, v. 2, n. 1, p. 15–33, 2015.	Artigo	9
BARDIN, L. Análise de conteúdo. 4. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.	Livro	9
FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.	Livro	7
DIESEL, A.; BALDES, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. Revista Thema, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.	Artigo	7
BERGMANN, J.; SAMS, A. Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem. Tradução: Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: LTC, 2016.	Livro	6
BACICH, L.; MORAN, J. (org). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. 429 p.	Livro	6
LIMA-JUNIOR, C.G.; CAVALCANTE, A. M. A.; OLIVEIRA, N. L.; SANTOS, G. F.; MONTEIRO JUNIOR, J. M. A. Sala de aula invertida no ensino de química: planejamento, aplicação e avaliação no ensino médio. Revista debates em ensino de química, v. 3, p. 120-145, 2017.	Artigo	5
GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.	Livro	5
FATARELI, E. F.; <i>et al.</i> Método cooperativo de aprendizagem jigsaw no ensino de cinética química. Química nova na escola, v. 32, n. 3, p. 161-168, 2010.	Artigo	4
FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. 17ª edição. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1987.	Livro	4
VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. de; GERALDINI, A. F. S. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. Revista Diálogo Educacional, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, v. 17, n. 52, p. 455–478, 2017.	Artigo	4
PAIVA, M.R.F., PARENTE, J.R.F., BRANDÃO, I. R., QUEIROZ, A. H. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. Revista de Políticas públicas Sanare, Sobral-v.15 n.02, p.145-153, Jun/Dez.-2016.	Artigo	4
LEITE, B. S. Aprendizagem tecnológica ativa. Revista Internacional de Educação Superior, Campinas, v. 4, n. 3, p. 580-609, 2018.	Artigo	4
GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008	Livro	4
LEITE, B. S. Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente. 1. ed. Curitiba: Appris, 2015.	Livro	3
LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2022.	Livro	3
MAZUR, E. Peerinstruction: a revolução da aprendizagem ativa. 1. ed. Porto Alegre: Penso Editora, 2015.	Livro	3

Fonte: Organizado pela autora.

Quadro 7. Metodologias ativas apresentadas nas publicações

Metodologias ativas	Quantidade de trabalhos	%
Abordagem generalista ou de múltiplas metodologias	17	34
Aprendizagem Baseada em Problema	6	12
Peer Instruction	5	10
Sala de aula invertida	4	8
Gamificação	3	6
Jigsaw	3	6
Aprendizagem Baseada em Equipes	2	4
DICUMBA	2	4
Estudo de caso	2	4
Design Thinking	2	4
Aprendizagem Baseada em Projetos	2	4
Arco de Magueres	1	2
Rotação por estações	1	2

Fonte: Organizado pela autora.

p. 145) considerado um “modelo de educação ultrapassado” (Andrade *et al.*, 2021, p. 747) em que “o professor é o centro do processo” (Silva e Souza, 2019, p. 924) e os alunos “ouvintes passivos” (Silva-Neto e Leite, 2023, p. 2). Nessa subcategoria predomina-se a contraposição ao ensino tradicional, criticado pela centralidade do professor no processo de ensino, na qual os alunos não teriam papel ativo.

Na segunda subcategoria, a definição de MA evoca a problematização, com a finalidade de que os alunos encontrem “a solução para um problema ou um caso, partindo de experiências reais ou simuladas” (Santos *et al.*, 2022, p. 242), ou aprendam “a partir de problemas e situações reais” (Gonçalves e Gomes, 2022, p. 5), que utilizem “experiências reais ou simuladas, buscando condições de solucionar, com sucesso, desafios próprios das atividades essenciais da prática social” (Freitas *et al.*, 2021, p. 460). Em todos esses casos, a definição de MA envolve um problema que deve ser resolvido ou uma solução que deve ser encontrada. Além disso, essas definições também evocam um contexto ou situação real; mesmo quando essa situação é simulada, ela deve ser o mais próxima possível do contexto.

Em outra subcategoria, obtém-se definições que “dão ênfase ao protagonismo do aluno no processo de aprendizagem” (Monteiro *et al.*, 2022, p. 41) e destacam que o aluno será o protagonista da aprendizagem. Nesse caso, o uso das MA proporcionaria o desenvolvimento de competências para “tornar o aluno mais ativo e proativo, comunicativo, investigador [...]” (Dumon *et al.*, 2016, p. 6), enquanto os “docentes ocupam a função de facilitador do processo, deixando de ser a única fonte de informações e conhecimento” (Rodrigues, Furtado e Vieira, 2024, p. 215). Essa definição, além de destacar o protagonismo dos alunos, em alguns casos, também ressalta os aspectos apresentados nas outras categorias.

Um aspecto importante a ser acrescentado é que apenas dezessete trabalhos apresentam uma definição para MA e quinze artigos não fazem essa definição. Dentre os artigos que utilizam uma definição, nove deles discutem tal definição a partir de referenciais teóricos presentes na literatura, sendo que a maioria deles se refere aos dois artigos mais citados apresentados no Quadro 6.

Na categoria “b”, buscou-se investigar a relação estabelecida pelos autores das publicações com teorias de aprendizagem consolidadas na área de Ensino de Química. Para essa análise, buscou-se, prioritariamente na seção de fundamentação teórica dos artigos, a referência a uma teoria de aprendizagem ou um autor da área de psicologia da educação.

Observou-se que a maioria dos artigos, 23, não apresenta ou discute referencial ou teoria de aprendizagem. Dentre os artigos que citam algum referencial teórico, destaca-se a Psicologia Histórico-Cultural de Lev Vygotsky que fornece a base teórica para compreender as metodologias, uma vez que “o professor como mediador deve estabelecer uma situação em que o aluno atinja a zona de desenvolvimento proximal, pois é nesse momento que o aluno aprende” (Dumon *et al.*, 2016, p. 5). Nesse sentido, a teoria de Vygotsky auxiliaria na compreensão das potencialidades das MA que envolvem trabalhos em grupos, pois, “o trabalho grupal pode promover resultados melhores que os obtidos individualmente, uma vez que, com a contribuição de mais de um indivíduo, o grupo cresce como um todo, já que todos atuam em suas ZDP [Zona de Desenvolvimento Proximal]” (Sprocati *et al.*, 2020, p. 5).

Outra teoria que foi evocada em dois trabalhos refere-se à Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel. Segundo Dumon *et al.*:

o processo de aprendizagem significativa é efetuado quando o aluno incorpora conhecimento novo na sua estrutura cognitiva (conhecimento prévio), formando subsunçores, através de uma relação não arbitrária e substantiva. Isto significa um tipo de aprendizagem diferente da chamada automática, na qual mesmo se relacionando a uma estrutura cognitiva, não resulta da aquisição de novos significados por ser arbitrária e literal (2016, p. 4).

É importante acrescentar que no trabalho de Dumon *et al.* (2016) há a citação das duas referências citadas, ou seja, esse trabalho foi contabilizado duas vezes. Dessa forma, as teorias de aprendizagem foram citadas em apenas três trabalhos. Há também um artigo que destaca que “várias teorias de aprendizagem suportam a prática de métodos ativos” (Yoneda e Huguenin, 2021, p. 4), porém, não discutem ou relacionam teoria específica.

Com relação à categoria “c”, o papel do professor nas atividades realizadas, observa-se algumas diferenças entre as publicações selecionadas. Primeiramente, tem-se publicações

em que o papel do professor não é mencionado, totalizando treze artigos.

Em outras publicações, número de oito, o professor foi responsável por ministrar e explicar o conteúdo. Nesses casos, a atividade que envolvia a metodologia ativa foi aplicada posteriormente à explicação ou de forma intercalada com a aula do professor. Cabe ressaltar que nessa subcategoria encontram-se publicações em que a MA foi aplicada pela professora da turma, sendo essa também uma autora do artigo, ou por pesquisadores externos. No primeiro caso, uma publicação, a professora foi responsável pelo planejamento da atividade, aplicação e posterior avaliação. No segundo caso, não é claro qual o papel do professor de Química para o desenvolvimento da atividade em si, apenas é mencionada a relação com o conteúdo. Também há uma publicação em que os autores apontam que o professor teve apenas o papel de orientar a produção da atividade desenvolvida pela MA, não tendo papel na aplicação dessa.

Em cinco artigos, o professor foi responsável por solucionar dúvidas ou corrigir erros dos alunos; nesses casos “o professor intervia diretamente, ajudando nas dúvidas remanescentes” (Freitas *et al.*, 2021, p. 469) ou intervia apenas “para corrigir eventuais conflitos em relação a conceitos errados ou percepções distorcidas” (Silva e Souza, 2019, p. 938).

Há também uma publicação em que os autores discutem que o professor não é necessário para o desenvolvimento da atividade. Ao desenvolverem um manual didático fundamentado no modelo de ensino híbrido “rotação por estações”, os autores, destacam que as estações são ambientes com atividades pré-definidas, independentes em relação umas às outras e fixas; nessa metodologia as estações “devem ser executadas de maneira livre, sem necessariamente a presença de um professor ou mediador” (Oliveira e Leite, 2022, p. 741).

Como são discutidas as metodologias ativas no Ensino de Química?

A partir dos dados produzidos pela revisão integrativa apresentada neste artigo, é possível articular alguns aspectos a serem considerados na proposição e discussão de atividades que envolvam MA no Ensino de Química.

Inicialmente, ressalta-se a expansão de artigos que fazem essa discussão, principalmente após o ano de 2020. Acredita-se que o contexto pandêmico e o ensino remoto emergencial tenham influenciado a proposição de atividades diferenciadas, uma vez que foram necessárias mudanças na forma como as aulas eram ministradas. Tais mudanças foram ocasionadas não só pelo novo formato adotado, mas também por influência de uma nova geração de alunos que não aderiam ao modelo tradicional de ensino. Também é importante acrescentar o contexto de implementação, obrigatório, da Base Nacional Comum Curricular, que em seu texto destaca a importância do “uso de metodologias que favoreçam o protagonismo juvenil” (Brasil, 2018, p. 478).

Nesse sentido, conclui-se que a discussão sobre o uso de MA pode ser uma área emergente no Ensino de Química, que ainda precisa consolidar-se como uma área de pesquisa. Um aspecto que corrobora essa conclusão é a falta de referenciais teóricos e epistemológicos que façam a relação entre as MA e o processo de ensino e aprendizagem da Química. Não há referencial citado que faça tal discussão teoricamente, sendo, para isso, utilizados referenciais da área de Educação.

Os artigos selecionados para a revisão integrativa acompanham a tendência da área de Ensino de Química em referenciar outros artigos e capítulos de livros. Nesse caso, também se dá destaque para os trabalhos de eventos, principalmente do Encontro Nacional de Ensino de Química, que tem tido a função de disseminar e divulgar atividades realizadas no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e do Programa Residência Pedagógica (PRP), contextos em que, majoritariamente, as atividades são aplicadas.

Dentre as referências citadas no perfil cienciométrico, também se destacam as abordagens teóricas referentes as MA, principalmente do campo da educação, bem como referenciais de metodologia de pesquisa e análise de dados.

Dos trabalhos que desenvolvem atividades com MA, não há uma MA predominante. Contudo, destaca-se que seis artigos apresentam atividades envolvendo a MA “Aprendizagem Baseada em Problema” e outros envolvem a prática da problematização. Isso pode ser devido à proximidade que o campo da educação em Química possui com o desenvolvimento de problemas (Mori e Cunha, 2020). A perspectiva do Ensino Investigativo e seus desdobramentos em diferentes metodologias de ensino contribuíram para esse aspecto.

Com relação às definições de MA adotadas nos artigos e investigadas na análise qualitativa desta revisão integrativa, obtém-se três categorias descritas. MA são definidas em oposição ao modelo tradicional de ensino, cuja figura do professor é central; são relacionadas à proposição de um problema na qual os alunos devem buscar soluções; e ainda relacionam-se ao protagonismo do aluno.

Percebe-se, entretanto, uma problemática nas definições apresentadas. Retomando a discussão de Cunha *et al.* (2022) e de Henrique *et al.* (2014), nessa perspectiva, o professor seria apenas um facilitador, cuja presença pode ser dispensável, resultando na desvalorização do trabalho docente e da escola como ambiente de aprendizagem. Nesse sentido, o presente trabalho propõe não utilizar definições que ressaltem apenas o caráter protagonista dos alunos, mas que demonstrem o papel ativo que o professor também deve ter nesse processo. O professor é responsável por uma série de atividades que poderão resultar no sucesso da aplicação das MA, ressaltando-se as atividades de:

A. Planejamento: Elaborando um plano de aula detalhado, identificando objetivos de aprendizagem, estratégias de ensino e recursos necessários.

B. Motivação dos alunos: Estimulando a participação ativa dos alunos, promovendo discussões, debates e atividades

- práticas que incentivem o pensamento mais crítico e a colaboração.
- C. Mediação: Orientando e direcionando o processo de aprendizagem, fornecendo suporte e retorno aos alunos, conforme necessário.
 - D. Estímulo à autonomia: Encorajando os alunos a assumirem responsabilidade pelo próprio aprendizado, incentivando a tomada de decisões e a resolução de problemas de forma independente.
 - E. Adaptação: Flexibilizando o ensino de acordo com as necessidades e características individuais dos alunos, buscando que todos tenham oportunidades de participação e aprendizagem.
 - F. Avaliação formativa: Monitorando o progresso dos alunos ao longo do processo de aprendizagem, oferecendo retorno constante e oportunidades para revisão do que foi realizado.
 - G. Reflexão: Proporcionando momentos de reflexão sobre o processo de aprendizagem, incentivando os alunos a analisarem suas experiências, identificarem aspectos de melhoria.
- Cabe ressaltar também a relação intrínseca que a atividade deve ter com o conteúdo de Química, cujo professor terá papel central e constantemente ativo.

Outro aspecto preocupante levantado pela análise qualitativa da revisão integrativa se refere à falta de relação estabelecida entre o processo de ensino e aprendizagem por meio da MA e as teorias de aprendizagem. Dada essa falta, conclui-se que muitas atividades estão sendo propostas sem embasamento teórico que propiciem uma proposta fundamentada e uma análise da aprendizagem dos conceitos químicos.

Rezende e Soares (2019) apresentam que nos últimos anos houve um aumento considerável no número de publicações envolvendo, por exemplo, a aplicação de jogos para o Ensino de Química. Porém, os autores observam que tais publicações não estão necessariamente acompanhadas de referenciais teóricos adequados ou, quando utilizados, não se relacionam diretamente com questões de ensino e aprendizagem. A conclusão apontada pelos autores assemelha-se à proposta neste artigo, ou seja, essa crítica também cabe ao que está acontecendo no campo das MA no Ensino de Química, ressaltado pela falta de articulação com referenciais teóricos e da Psicologia da Educação.

Ressalta-se a importância do estabelecimento de relações e da apresentação de aportes teóricos para discussão dessas metodologias, uma vez que tais referenciais nos fornecem base para compreender se o aluno realmente aprendeu os conceitos químicos mobilizados. Além disso, elas justificam e fundamentam as pesquisas científicas, corroborando ou refutando dados de outras pesquisas.

O papel do professor também foi um aspecto bastante diverso entre as publicações. A grande maioria das atividades que envolviam MA foi aplicada por pesquisadores externos, sem discutir a participação do professor da disciplina de Química. Nesses casos, era guardada ao professor uma relação com a exposição do conteúdo, sem deixar claro como o conteúdo

seria mobilizado também na atividade. Em muitas atividades, parte-se do pressuposto que os alunos já tenham compreendido o conceito químico, tendo como objetivo o desenvolvimento de outras habilidades. Porém, é importante considerar que o objetivo das aulas de Química é, prioritariamente, desenvolver o conhecimento químico, que deve ser incorporado na atividade e mobilizado por meio dela.

Acrescenta-se, também, a importância em considerar um momento, ao final da aplicação de tais MA, em que o professor realize a retomada do conteúdo abordado e contemple possíveis lacunas de aprendizagem dos conceitos envolvidos.

Conclusões

Para a realização desta investigação delimitou-se como objetivo a sistematização e análise das MA empregadas no Ensino de Química, a partir de uma revisão integrativa da literatura que combinou a perspectiva quantitativa, com a realização do perfil cienciométrico e a perspectiva qualitativa.

Nesse sentido, este trabalho evidenciou algumas ausências nas publicações sobre MA no Ensino de Química, apontada como uma área emergente. Essas lacunas se referem aos referenciais teóricos adotados, à relação com teorias de aprendizagem, à definição de MA adotada e ao papel dos professores em atividades apresentadas nos trabalhos analisados neste estudo.

Dessa forma, conclui-se e ressalta-se a importância do professor como agente ativo que contribui significativamente, mesmo que o aluno tenha o protagonismo na atividade. Apontou-se diversas atividades de responsabilidade dos professores que deverão ser articuladas na proposta e na aplicação de MA.

Conclui-se também sobre a importância da mobilização de conceitos químicos nas atividades, de maneira que a escola cumpra seu papel de socialização do conhecimento científico. Uma atividade em que não há conceitos sendo mobilizados esvazia a escola de sentido, e corre o risco de reduzir o aprendizado a um conjunto de práticas superficiais ou de entretenimento. Observa-se que algumas MA vêm sendo aplicadas de forma isolada em relação ao conhecimento, motivadas muitas vezes pelo fato de estarem “na moda” ou de atenderem a tendências educacionais sem uma reflexão sobre seus objetivos formativos. Essa abordagem instrumental pode criar a ilusão de engajamento ou inovação, mas falha em proporcionar aos estudantes a apropriação profunda de conceitos, habilidades de raciocínio científico e compreensão crítica. Portanto, é fundamental que a adoção de MA seja articulada ao conteúdo científico e orientada por objetivos de aprendizagem claros.

Notas

¹O *software* MAQXDA simplifica o processo de análise de dados qualitativos e é referência para gerenciar e analisar pesquisas. Mais informações sobre o *software* podem ser acessadas por meio do link: <https://shre.ink/8uly>.

Referências

- ANDRADE, L. S.; COSTA, I. F.; MORAIS, S. R.; FERREIRA, J. C. P. e SANTOS, A. P. B. O ensino de química e as metodologias ativas: uma abordagem para o conteúdo de ligações químicas. *Scientia Naturalis*, v. 3, n. 2, p. 746-759, 2021.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.
- BACICH, L. e MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BARBOSA, E. F. e MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. *Boletim Técnico do Senac*, v. 39, n. n.2, p. 38-47, 2013.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. D. A. e MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação é a Base*. Brasília, DF: MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf, acesso em abr. 2024.
- CUNHA, M. B.; OMACHI, N. A.; RITTER, O. M. S.; NASCIMENTO, J. E.; MARQUES, G. Q. e LIMA, F. O. Metodologias ativas: em busca de uma caracterização e definição. Preprint, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3885>.
- DUMON, L. M. M.; CARVALHO, R. S. e NEVES, A. J. M. O Peer Instruction como proposta de metodologia ativa no ensino de química. *Journal of Chemical Engineering and Chemistry*, v. 02, n. 3, p.107-131, 2016.
- FÉLIX, M. E. O. e LIMA, B. T. S. As metodologias ativas na construção do conhecimento científico: utilização do método JigSaw (quebra-cabeças) e mapa conceitual para o ensino de funções oxigenadas. *Revista Brasileira Ensino Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 1, p. 139-158, 2021.
- FIELD'S, K. A. P.; RIBEIRO, K. D. F. e SOUZA, R. A. Utilização de metodologias ativas apoiadas em tecnologias digitais para o ensino de química: um relato de experiência. *Revista REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, v. 9, n. 2, e21052, 2021.
- FREITAS, A. G. O.; BENDER, R.; IRALA, V. B.; SANTOS, G. C.; CHAVES, W. S. e MINHOS, M. R. Sala de aula invertida: percepções docentes e discentes a partir de um relato de experiência das aulas de tópicos em química na pós-graduação. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 1, p. 458-481, 2021.
- GONÇALVES, A. M. e GOMES, F. Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP): uma possibilidade de formação no curso de Licenciatura em Química. *Revista Insignare Scientia*, v. 5, n. 2, 2022.
- GUIMARÃES, M. B. e CASTRO, D. L. Estudo de caso e sala cooperativa jigsaw na promoção da aprendizagem de periculosidade de substâncias químicas. *Revista Práxis*, v. 12, n. 24, p. 66-74, 2020.
- HENRIQUE, M. C. C.; NETO, J. C. R. e PERREIRA, V. Em defesa do ato de ensinar. In: *Atas do IV Encontro de Iniciação à Docência da UEPB*, João Pessoa, 2014.
- JÚNIOR, J. B. F. S.; MOREIRA, E. S.; LIMA, R. A. e MENEZES, J. A. A gamificação no ensino de química: um estudo de estado da arte durante o período de 2018-2022. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, v.16, n.10, p. 20260-20280, 2023.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P. e GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto: Enfermagem*, v. 17, n. 4, 2008.
- MONTEIRO, J. A.; SALES, G. L. e VENTURA, P. P. B. Uma análise quantitativa da aplicação da sala de aula invertida em uma turma de química experimental. *Revista Thema*, v. 21, n. 1, 2022.
- MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T.(org). *Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*. Ponta Grossa: UEPG: Proex, 2015, p. 15-33.
- MORI, L. e CUNHA, M. B. Problematização: possibilidades para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 2, p. 176-185, 2020.
- OLIVEIRA, J. E. S. e LEITE, B. S. Elaboração de um manual didático para o ensino de radioatividade fundamentado no modelo do ensino híbrido rotação por estações e na gamificação. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 5, n. 1, p. 725-757, 2022.
- PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R. e QUEIROZ, A. H. B. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. *SANARE: Revista de Políticas Públicas*, v. 15, n. 2, p. 145-153, 2016.
- PEREIRA, W. G.; NASCIMENTO, R. J. M. e NASCIMENTO, T. L. Uso da metodologia ativa instrução por pares assistida pelo aplicativo Plickers: uma experiência no ensino de química. *Conexões Ciência e Tecnologia*, v. 15, p. 01-10, e021018, 2021.
- RAZERA, J. C. C. A formação de professores em artigos da revista *Ciência & Educação* (1998-2014): uma revisão cienciométrica. *Ciência & Educação*, v. 22, n. 3, p. 561-583, 2016.
- RAZERA, J. C. C. Contribuições da cienciométrica para a área brasileira de educação em ciências. *Ciência e Educação*, v. 22, n. 3, 2016.
- REZENDE, F. A. M. e SOARES, M. H. F. B. Análise teórica e epistemológica de jogos para o ensino de química publicados em periódicos científicos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. 747-774, 2019.
- RODRIGUES, D. P.; FURTADO, J. B. M. e VIEIRA, L. M. C. Relato de experiência: contribuições do Programa Residência Pedagógica e do uso de metodologias ativas na formação docente no ensino de química. *Revista Insignare Scientia*, v. 7, n. 2, 2024.
- SANTOS, T. L.; MARQUES, F. C.; JUNIOR, E. R. e SILVA, J. C. M. Problematização a partir do Arco de Maguerez: produção de café como tema gerador no ensino de química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 5, n. 1, p. 243-268, 2022.
- SILVA, C. S. S. e SOUZA, D. S. O enfoque CTSA e uso de metodologias ativas no ensino superior: uma análise baseada na discussão de

- notícias sobre acidentes ambientais envolvendo produtos químicos. *Ensino Em Re-Vista*, v. 26, n. 3, p. 919-941, 2019.
- SILVA-NETO, S. L. e LEITE, B. S. Design thinking aplicado como metodologia para a solução de problemas no ensino de química: um estudo de caso a partir de uma problemática ambiental. *Ciência & Educação*, v. 29, e23043, 2023.
- SOARES, C. *Metodologias ativas: uma nova experiência de aprendizagem*. São Paulo: Editora Cortez, 2021.
- SPINAK, E. *Dicionário enciclopédico de bibliometria, cienciometria e informetria*. Caracas: Unesco, 1996, 244 p.
- SPROCATI, B.; GIBIN, G. B. e PIRES, A. M. Método Team Based Learning no ensino e aprendizagem de química inorgânica aplicada: uma visão sócio-interacionista. *Revista Docência de Ensino Superior*, v. 10, e015216, 2020.
- VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Ciência da Informação*, v. 31, n. 2, p. 152-162, 2002.
- YONEDA, J. D. e HUGUENIN, J. A. O. Sala de aula invertida no ensino remoto de química geral. *Revista Docência do Ensino Superior*, v. 11, e034550, p. 1-23, 2021.

Preparação dos Manuscritos

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços inclusos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.

Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar “Autor1, ano”, “Autor2, ano”... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(ões) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações.

As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:

- **Para livros** referência completa (citação no texto entre parênteses):

AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi et al., 1987).

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- **Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini et al., 2004).

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.sbq.org.br>, acessada em Março 2008. – (Revista Química Nova na Escola, 2008).

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista. Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em “Para Saber Mais”.

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser

colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

Política Editorial da QNEsc para Preprints

1) Aceitação de Preprints

A QNEsc aceita a submissão de manuscritos previamente depositados em servidores de *preprints*.

2) Publicação Prévia ou Simultânea

É permitida a submissão de trabalhos já publicados ou simultaneamente publicados em plataformas de *preprints*.

3) Versões Revisadas durante Avaliação

Não é autorizada a postagem de versões revisadas do manuscrito em servidores de *preprints* durante o processo de avaliação por pares.

4) Informação Obrigatória na Submissão

O uso de repositório de *preprint* deve ser informado na *Cover Letter*.

É obrigatório incluir o **link** e o **DOI** do preprint.

5) Citação do Preprint

O DOI (e link) do *preprint* deve constar na lista de **referências bibliográficas** do manuscrito submetido à QNEsc.

6) Atualização após Aceite

Em caso de aceitação do artigo pela QNEsc, o *preprint* deve ser atualizado com o **link para a versão final publicada**.

7) Responsabilidade dos Autores

Os autores devem verificar se a **licença escolhida** no servidor de *preprint* é compatível com a política de *copyright* da QNEsc.

8) Consistência de Autoria

A QNEsc alerta que, para determinados tipos de licença de *preprint*, é obrigatório que a **autoria** seja a mesma tanto no repositório quanto no artigo publicado.

Condições para Submissão dos Artigos

1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.

2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.

3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.

4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas relacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.

5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.

- 6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
- 7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (<http://qnesc.sbq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBCS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.

Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão.

O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.

Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

Manuscritos revisados

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados.

A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.

Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

Seções / Linha Editorial

Química Nova na Escola (Impresso)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

Química Nova na Escola (On-line)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção "Cadernos de Pesquisa".

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

● QUÍMICA E SOCIEDADE

Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)

Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.

Limite de páginas: 20

● EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA

Responsável: Bruno Silva Leite (UFRPE)

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

● ESPAÇO ABERTO

Responsável: Luciana Massi (Unesp)

Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 20

● **CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE**

Responsável: Marcia Borin da Cunha (UNIOESTE)

Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.

Limite de páginas: 20

● **HISTÓRIA DA QUÍMICA**

Responsável: Paulo Porto (USP)

Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.

Limite de páginas: 15

● **ATUALIDADES EM QUÍMICA**

Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)

Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.

Limite de páginas: 15

● **RELATOS DE SALA DE AULA**

Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)

Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.

Limite de páginas: 20

● **ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO**

Responsável: Rafael Cava Mori (UFABC)

Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● **O ALUNO EM FOCO**

Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)

Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no

processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● **EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**

Responsável: Mara Elisa Fortes Braibante (UFMS)

Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável.

Limite de páginas: 10

● **CADERNOS DE PESQUISA**

Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

Esta seção é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves.

Limite de páginas: 30 a 40.