

EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

INVESTIGATIVE EXPERIMENTATION FOR TEACHING ANALYTICAL CHEMISTRY IN TEACHER TRAINING

EXPERIMENTACIÓN INVESTIGATIVA PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA ANALÍTICA EN LA FORMACIÓN DOCENTE

Helga Gabriela Aleme*  

Pedro Henrique dos Santos**  

Thiago Antunes-Souza***  

RESUMO

No presente estudo analisamos uma prática experimental investigativa para o ensino da Química Analítica no Ensino Superior. Assim, nosso objetivo é analisar quais as compreensões sobre os três níveis de conhecimento químico, segundo Johnstone, elaboradas por alunos de um curso de licenciatura sobre o tema de Química Analítica Qualitativa na aplicação de um experimento investigativo. Baseados em pressupostos da abordagem qualitativa, o guia experimental investigativo elaborado foi aplicado para uma turma de 14 alunos de um curso de Licenciatura em Ciências de uma universidade pública de São Paulo, Brasil. Os dados foram construídos por meio de análise de questionário com três questões dissertativas aplicado com a turma. Os resultados evidenciam por um lado, a dificuldade dos alunos em transitar entre os três níveis de conhecimento químico, ao mesmo tempo que permitem identificar contribuições para o desenvolvimento de habilidades conceituais, cognitivas e de interação social, que serão utilizadas ao longo de sua carreira acadêmica e pessoal.

Palavras-chave: Formação de Professores. Ensino Superior. Química Analítica. Ensino de Química. Experimentação Investigativa.

ABSTRACT

In this study, we investigated an investigative experimental practice for teaching Analytical Chemistry in Higher Education. Thus, our objective is to analyze which understandings about the three levels of chemical knowledge are developed by students of a degree course on the topic of Qualitative Analytical Chemistry in the application of an investigative experiment. Based on assumptions of the qualitative approach, the experimental investigative guide developed was applied to a class of 14 students of a Bachelor's degree in Science at a public university in São Paulo, Brazil. The data were constructed through analysis of questionnaire with three essay questions applied to the class. The results show, on the one hand, the difficulty of students in transitioning between the three levels of chemical knowledge,

* Pós doutora em Educação e doutora em Química Analítica, professora adjunta da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Diadema, São Paulo, Brasil. CEP 09920-000. E-mail: hgaleme@unifesp.br.

** Graduado em Licenciatura em Ciências. Professor de Química na Secretaria Estadual de Educação (SEDUC-SP), São Paulo, São Paulo, Brasil. CEP 04370-003. E-mail: phsantos@unifesp.br.

*** Doutor em Educação, professor permanente do Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), professor adjunto da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Diadema, São Paulo, Brasil. CEP 09920-000. E-mail: tasouza@unifesp.br.

while at the same time allowing us to identify contributions to the development of conceptual, cognitive and dynamic skills, which will be used throughout their academic and personal careers.

Keywords: Teacher Training. Higher education. Analytical Chemistry. Chemistry Teaching. Investigative Experimentation.

RESUMEN

En el presente estudio investigamos una práctica investigativa experimental para la enseñanza de la Química Analítica en la Educación Superior. Así, nuestro objetivo es analizar qué comprensiones sobre los tres niveles de conocimiento químico, según Johnstone, desarrollan los estudiantes de la licenciatura en el tema de Química Analítica Cualitativa en la aplicación de un experimento investigativo. Basado en los presupuestos del enfoque cualitativo, la guía de investigación experimental desarrollada fue aplicada a una clase de 14 estudiantes de la carrera de Licenciatura en Ciencias de una universidad pública de São Paulo, Brasil. Los datos se construyeron a través del análisis de un cuestionario con tres preguntas de ensayo aplicado en clase. Los resultados muestran, por un lado, la dificultad que tienen los estudiantes para transitar entre los tres niveles de conocimiento químico, al mismo tiempo que permiten aportes al desarrollo de habilidades conceptuales, cognitivas y dinámicas, que serán utilizadas a lo largo de su carreras académicas y personales.

Palabras clave: Formación de profesores. Química Analítica. Enseñanza de la química. Experimentación Investigativa.

1 INTRODUÇÃO

Em um mapeamento da pesquisa no campo da experimentação no ensino de Química no Brasil, as autoras Souza, Cabral e Queiroz (2019) identificaram nos trabalhos analisados que apesar de a experimentação ser um tema amplamente estudado, suas contribuições para a formação inicial e continuada de professores ainda é estudada pela área de forma tímida. A partir de um levantamento de teses e dissertações defendidas em Programas de Pós-graduação brasileiros das áreas de Ensino, Educação e Química entre os anos 2004 e 2013, as autoras analisaram 122 pesquisas de mestrado e 21 pesquisas de doutorado. Deste conjunto, o nível de escolaridade mais investigado, foi o ensino médio, em 68,5% das produções, enquanto a experimentação vinculada à formação inicial e continuada, foi abordada, respectivamente, apenas em 7,1% e 13,1%.

Além dessa lacuna identificada em nosso campo de pesquisa, autores como Antúñez, Pérez e Petrucci (2008), Gonçalves e Marques (2016), Antunes-Souza (2021), Antunes-Souza e Aleme (2023) entre outros, têm demonstrado que a visão empírico-indutivista ainda é dominante nas compreensões de alunos e professores nos cursos de licenciatura e bacharel em Química. Esses autores, também defendem a ampliação de estudos que problematizem as práticas experimentais, uma vez que estas investigações podem favorecer a melhoria das

abordagens didáticas dos professores formadores, tanto das disciplinas pedagógicas, quanto das específicas, em torno das atividades experimentais no ensino de Ciências/Química, impactando positivamente na atuação pedagógica dos futuros professores em formação.

Diante deste cenário, justificamos o presente estudo na medida em que investigamos uma prática formativa pautada na experimentação para o ensino de um conteúdo específico da Química Analítica. De acordo com Gonçalves e Marques (2016, p. 85), “a caracterização e a problematização dessas práticas pode ser um modo de colaborar para a abordagem das atividades experimentais na formação inicial de professores”. Ademais, corroboramos a assertiva de Galiazzi (2014) de que tanto formadores químicos, quanto educadores químicos são, também, responsáveis pela formação de futuros professores de Química e, que, portanto, é fundamental que também analisemos as práticas formativas que acontecem nas disciplinas específicas, pois elas fazem parte do percurso formativo desses futuros profissionais.

Para tanto, fundamentamos essa ação na construção de um guia experimental investigativo que teve por objetivo a identificação de uma solução-problema (azul de bromotimol) a partir de conceitos da Química Analítica Qualitativa. Sua aplicação ocorreu no âmbito da disciplina de Química Analítica Clássica e Instrumental para uma turma de 14 alunos do 7º semestre de um curso de licenciatura de uma universidade pública do Estado de São Paulo, Brasil.

Esse guia foi construído a partir do modelo proposto por Antunes-Souza (2018) e já aplicado em outros estudos (Schnetzler, Antunes-Souza, 2019; Amaral, Antunes-Souza, Firme, 2020; Antunes-Souza, 2021; Antunes-Souza, Aleme, 2023). O modelo foi construído a partir das contribuições de Silva, Machado e Tunes (2010) e da articulação dos três níveis de conhecimento químico: fenomenológico, representacional e teórico-conceitual proposto por Johnstone (2004) e colaboradores.

Sobre os três níveis de conhecimento de Johnstone (1982, 2004), além dos estudos brasileiros (Antunes-Souza, Aleme, 2023; Melo, Silva, 2019; Schnetzler, 2024; Chaves, Boa Morte, Cabral, 2024, entre outros), ao visitarmos a literatura estrangeira, observamos a existência de trabalhos discutindo sob uma nova perspectiva a tríade de Johnstone, como por exemplo; Chiu e Wu (2009); Gilbert e Treagust (2009); Taber (2015); Talanquer (2018); Thomas (2017).

Chiu e Wu (2009), por exemplo, sugerem como a multimídia pode melhorar o aprendizado, ensino e avaliação da educação química. Os autores analisam teorias e estudos empíricos a partir da multimídia como ferramenta de modelagem (discutindo múltiplas

representações e modelos mentais na aprendizagem e no ensino de química), de aprendizagem (apresentando ferramentas como 4M: Chem, eChem e ChemSence), de avaliação (com instrumentos de diagnóstico computadorizados de duas camadas), e instrucional (ligando os achados das representações mentais dos alunos ao desenvolvimento do conhecimento do conteúdo pedagógico dos professores em química).

Gilbert e Treagust (2009) reinterpretam a relação de Johnstone introduzindo novas terminologias para a tríade: macro, submicro e simbólico. Para eles, existem algumas dificuldades para os estudantes entenderem a tríade, tais como: i) a falta de experiência com o macro ou mesmo uma experiência prática inadequada ou a incerteza dos alunos sobre o que vão aprender com ela; ii) possíveis confusões sobre a natureza particulada da matéria, associadas à incapacidade de visualizar entidades quando representadas nesse tipo; iii) a falta de compreensão das convenções complexas utilizadas no tipo simbólico ou até mesmo a incapacidade de transitar entre os três tipos.

Talanquer (2018) faz uma crítica ao modelo triádico, apesar de considerá-lo uma ferramenta poderosa, produtiva e amplamente usada tanto para o ensino quanto para a pesquisa na área de Educação Química. Entretanto, o autor reflete que o abuso ou mau uso do trio de química como ferramenta de instrução pode aumentar a confusão e a falta de motivação dos alunos em relação à química. Desse modo, em sua discussão ele ainda considera a tríade, mas insere outras denominações para elas: experiências, modelos e visualizações. As experiências estão conectadas com o conhecimento empírico real que possuímos ou reunimos sobre sistemas químicos; os modelos são as entidades teóricas e pressupostos subjacentes utilizados a fim de se descrever sistemas químicos; enquanto as visualizações se relacionam às fórmulas químicas e símbolos, desenhos de partículas, modelos físicos, simulações, animações, equações matemáticas, gráficos, entre outros, usados a fim de representar visualmente os componentes centrais do modelo teórico. O autor também considera que o modelo deve ter diversas escalas/níveis, abordagens e dimensões em cada um dos três principais tipos de conhecimento, visto que os químicos exploram, modelam e constroem visualizações das propriedades e do comportamento da matéria em escalas de comprimento distintas, desde o macroscópico até o subatômico.

Thomas (2017) traz em seu artigo uma intervenção em sala de aula em que a professora utilizou o termo 'triangulação' como expressão para estimular a reflexão metacognitiva nos alunos a considerar a importância e o uso dessas representações para o aprendizado de química. Apesar dos alunos compreenderem e elaborarem o significado da triangulação, seus pontos de

vista sobre a importância e o uso relatado de processos cognitivos associados a ele variaram entre os indivíduos. Mesmo com essa variação, este estudo destaca o potencial de desenvolver a metacognição dos alunos, envolvendo-os explicitamente na consideração de meios de representar o material da disciplina de química que estão sendo solicitados a aprender e como eles podem aprender usando estratégias e atividades alinhadas com a natureza desse material.

Ainda nesse cenário internacional, Taber (2015) problematiza o papel da linguagem nessa relação triádica, atribuindo a ela a função de ponte entre o macroscópico e o microscópico: “Uma característica particular da representação simbólica em química é o uso de representações que podem ser uma ponte entre o nível macroscópico de descrição química e o nível teórico dos modelos microscópicos” (Taber, 2015, p. 195).

Considerando os limites e possibilidades problematizados pela literatura sobre essa proposta de Johnstone reinterpretada por nossa área desde 1982 (Johnstone, 1982), assumimos neste estudo a posição epistemológica defendida em nossos trabalhos anteriores (Antunes-Souza, 2018; Antunes-Souza, 2021; Amaral, Souza, Firme, 2020; Antunes-Souza, Aleme, 2023) de que os três níveis de conhecimento químico não devem ser articulados de forma igualitária. Assim, entendemos com base nas contribuições da abordagem histórico-cultural (ver Antunes-Souza, 2018), que o nível simbólico possui papel constitutivo na articulação entre o fenomenológico e o nível teórico conceitual, na medida em que a linguagem é um fenômeno de intersecção entre o pensamento e a palavra no curso do desenvolvimento humano.

Diante do exposto, nosso objetivo é analisar quais as compreensões sobre os três níveis de conhecimento químico elaboradas por alunos de um curso de licenciatura sobre o tema de Química Analítica Qualitativa na aplicação de um experimento investigativo.

2 SOBRE A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA

Por sua importância como estratégia de ensino, a experimentação no ensino de química tem sido cada vez mais debatida na literatura ao longo dos anos (Suart, Marcondes, 2009; Oliveira, 2010; Silva, Machado, Tunes, 2019; Pereira, Sampaio, 2022; entre outros). Segundo esses autores, o investimento na pesquisa em ensino de química trouxe resultados que mostraram a importância da experimentação para o processo de ensino-aprendizagem de Química e Ciências. Isso também é refletido na Química Analítica, um ramo dentro da Química na qual a experimentação é utilizada para determinar a composição qualitativa e quantitativa de diferentes materiais (Harris, 2017).

Com a regulamentação da introdução de atividades experimentais no ensino de ciências a partir do século XX em instituições de ensino brasileiras (Silva, Machado, Tunes, 2019), surgiu uma nova questão a ser estudada: Como a experimentação poderia contribuir para o aprendizado do aluno e qual é o papel do professor e dos alunos em uma aula experimental? Em nosso caso, por se tratar de uma aplicação no ensino superior, nossas questões vão em direção a: Quais são as contribuições de experimentações investigativas na formação inicial de professores? É possível que essa prática seja vivenciada, também, em disciplinas específicas, além das pedagógicas?

Segundo Guimarães (2009), as atividades experimentais podem ser usadas para criação de problemas, que permitam uma contextualização. Ela também deve ser conduzida propiciando o desenvolvimento do aluno como um todo, exigindo o raciocínio lógico e suas habilidades cognitivas, de modo que a aplicação do experimento investigativo favoreça o processo de ensino e aprendizagem (Suart, Marcondes, 2008; Pereira, Sampaio, 2022).

Na maioria das vezes, a prática laboratorial tradicional é guiada por roteiros pré-estabelecidos, fazendo com que o aluno siga o passo-a-passo do tipo “receita de bolo” (Guimarães, 2009), prejudicando o raciocínio e o ato de questionamento, trazendo um processo automatizado que empobrece a atividade científica (Gil-Pérez et al., 1999). Em contraponto, na atividade experimental investigativa o aluno pode discutir as ideias apresentadas pelo professor, elaborando hipóteses, utilizando o experimento para compreender a teoria e os fenômenos que ocorrem (Oliveira, Soares, 2010). Esse tipo de experimentação possui um importante papel pedagógico que pode auxiliar na construção de conceitos (Ferreira, Hartwig; Oliveira, 2010), podendo ser eles: o desenvolvimento das capacidades cognitivas de atenção voluntária, memória, pensamento lógico, níveis mais abstratos de generalização e abstração, entre outros (Antunes-Souza, 2021; Antunes-Souza, Aleme, 2023).

Para o educador químico, além do domínio da ciência que ensina, também é importante levar em consideração aspectos sociais e humanos, tornando o processo muito mais complexo, exigindo do docente práticas de ensino distintas (Schnetzler, Antunes-Souza, 2019). Além disso, podemos considerar, de acordo com alguns autores, como por exemplo Schnetzler e Antunes-Souza (2019), que para o ensino de química é essencial que o docente conheça o “triplete de Johnstone”, o qual, articula os três níveis de conhecimento químico: o nível macroscópico ou fenomenológico - caracterizado pelos sentidos -, o nível representacional - caracterizado pelo uso de símbolos e signos como fórmulas e equações - e o nível

submicroscópico ou teórico-conceitual - caracterizado pela capacidade de abstração de entidades químicas como átomos e moléculas (Johnstone, 1982).

Com esse conhecimento, o professor pode criar para o aluno uma situação real, que possa articular os três níveis de conhecimento químico, apresentando o fenômeno, utilizando a simbologia para que o aluno possa compreender o fenômeno em nível molecular, contribuindo para que haja uma correta compreensão acerca dos fenômenos químicos (Johnstone, 2004). Ainda, o aluno pode elaborar hipóteses, construir conhecimentos químicos, desenvolvendo a capacidade de abstração e um novo modo de interpretar o mundo real, desenvolvendo habilidades que não seriam possíveis serem desenvolvidas se apenas realizasse o experimento prático de forma convencional, melhorando a relação aluno-aluno e aluno-professor, consolidando também a teoria e aprimorando a prática. Outra vantagem do guia experimental é ser mais uma abordagem pedagógica que possa promover a articulação entre o fenômeno macroscópico e o teórico conceitual, apresentando sugestões de como guiar os pensamentos dos alunos para que haja a formulação de hipóteses e a interação entre o fenômeno em si e o conceito envolvido (Amaral, Antunes-Souza, Firme, 2020).

Para a área de Química Analítica a necessidade de se trabalhar com a experimentação é ainda maior. Isto porque além dos conceitos relacionados à análise química, o estudante precisa desenvolver a habilidade experimental, visto que um profissional com domínio dos equipamentos e materiais de laboratório tem maior performance na análise, em muitos casos, diminuindo as chances de erros analíticos. Nesta área, vários conceitos são trabalhados dentre uma perspectiva de análise qualitativa e quantitativa, envolvendo reações químicas, além de metodologias baseadas na extração ou destilação e estudos contendo o uso de equipamentos instrumentais. Os métodos qualitativos se baseiam em encontrar a identidade das espécies atômicas ou moleculares ou dos grupos funcionais presentes em uma amostra, enquanto os métodos quantitativos fornecem informações numéricas relativas a um ou mais componentes de uma amostra (Skoog et al., 2014). Para a construção do guia experimental foram trabalhados os conceitos de ácido-base, indicadores visuais (com enfoque no azul de bromotimol), equilíbrio químico e a instrumentação envolvendo a espectrometria de absorção molecular na região do visível.

3 METODOLOGIA

Por meio de pressupostos da pesquisa qualitativa (Lüdke, André, 2013), buscamos analisar quais compreensões sobre os três níveis de conhecimento químico são elaboradas por um grupo de 14 alunos matriculados em um curso de Licenciatura em Ciências durante a aplicação de uma experiência investigativa.

A coleta de dados foi realizada em uma aula experimental da disciplina de Química Analítica Instrumental oferecida a alunos do sétimo semestre do curso de licenciatura em Ciências de uma universidade pública paulista. A disciplina foi oferecida por uma professora com 12 anos de experiência na educação superior, licenciada em Química e doutora em Química Analítica, com pós-doutorado em Química Analítica e também em Educação. A aula compunha a segunda semana do curso, tinha como caráter ser introdutória da disciplina e possuía como tema central a experimentação investigativa a partir do funcionamento de uma escala de pH por colorimetria usando UV-vis. Vale salientar que este evento ocorreu após a disciplina de Química Analítica Clássica e Instrumental do curso, ou seja, os estudantes tinham bagagem de conhecimento específico tanto das reações ácido-base envolvidas quanto da técnica de espectrometria de absorção molecular. Também tinham tido as disciplinas de Práticas Pedagógicas de Química que abordaram o conceito dos três níveis de conhecimento do Johnstone.

O experimento foi dividido em três etapas, nas quais seriam criadas hipóteses à solução para que, ao final, os alunos descobrissem qual seria o composto em questão. Ao longo de todo o experimento foi analisada a interação dos alunos, o raciocínio utilizado e os conceitos envolvidos para a criação da hipótese. Para tal, a análise dos dados experimentais, além das perguntas propostas no guia experimental, foi pensado um questionário que se baseou justamente nesses três tópicos, contendo as seguintes perguntas que foram construídas, a partir de trabalhos como Suart e Marcondes (2008), Suart e Marcondes (2009), Oliveira e Soares (2010) e Antunes-Souza, Aleme (2023):

- 1) Descreva quais são as hipóteses e qual o raciocínio que foi desenvolvido ao longo de cada etapa do experimento.
- 2) Cite quais conceitos teóricos foram utilizados ao longo do experimento.
- 3) Como você correlaciona, dentro do triângulo de Johnstone, a aula prática experimental investigativa vivenciada?

Os 14 estudantes que participaram da pesquisa foram divididos em seis grupos. O Guia experimental foi aplicado em uma aula com carga horária total de quatro horas.

3.1 O guia experimental investigativo para introdução à Química Analítica Qualitativa

Este guia experimental relaciona os três níveis de conhecimento químico, dividindo o guia em três momentos. No primeiro momento foi trabalhado o nível macroscópico (fenômeno que é observado pelo aluno), em seguida, o nível submicroscópico (conceitos e teorias que o aluno possui sobre o tema) e por fim, o nível representacional (equações químicas, conceitos teóricos prévios que foram utilizados para compreender o fenômeno químico).

3.1.1 Momento 1: Apresentação do fenômeno a ser investigado

O experimento realizado em laboratório é de cunho investigativo, logo, o objetivo é descobrir qual seria a solução-problema (azul de bromotimol) instigando no aluno a formulação de novas hipóteses, levando em conta a teoria que ele possui ao longo de sua jornada acadêmica, analisando também as interações dos estudantes no decorrer do experimento e o raciocínio lógico utilizado (Suart e Marcondes, 2008; Suart e Marcondes, 2009; Oliveira, 2010; Antunes-Souza e Aleme, 2023).

Para isso, foi construída uma solução-problema na qual os alunos precisariam descobrir ao longo das etapas realizadas qual era o nome desse composto. O azul de bromotimol é uma substância pouco conhecida pelos estudantes, fazendo com que várias hipóteses pudessem ser formuladas. Além disso, esta é um indicador ácido-base que dependendo do pH apresenta colorações distintas (pH abaixo de 6,0: amarela, próximo de 7,0: verde e acima de 7,6: azul).

O procedimento deste experimento foi realizado em etapas. Em cada etapa é possível criar hipóteses relacionando o nível macroscópico com os demais níveis de conhecimento químico. Dessa forma, os estudantes, após cada etapa do procedimento, poderão discutir com seus colegas os conceitos que estão sendo trabalhados.

Etapas 1: Os alunos podem ser divididos em grupos nas bancadas disponíveis no laboratório. Nestas, estarão seis tubos de ensaio contendo soluções distintas (com pH ácido, neutro e básico) e um béquer contendo uma solução-problema desconhecida de coloração alaranjada. Inicialmente, o professor questiona aos estudantes o que pode ser aquela solução colorida (solução-problema). Após a interação inicial dos alunos, o professor solicita que cada

grupo adicione 10mL da solução-problema em cada tubo de ensaio para começar a investigação. Após a transferência da solução problema para os tubos de ensaio, os alunos devem fazer uma agitação para a homogeneização da solução. Professor, para a discussão desta etapa você pode utilizar as seguintes questões: *O que pode ter causado essa mudança na coloração após a adição da solução-problema em cada tubo de ensaio?* ⁴ *Quais conceitos estão envolvidos nessa transformação?*

Etapa 2: Utilizando o pHmetro, o professor deve solicitar que os estudantes meçam o pH das soluções nos tubos de ensaio e anotem os resultados. Eles devem discutir com o grupo novas hipóteses a fim de descobrir qual é a substância desconhecida. Professor, algumas questões podem ajudá-lo nesta discussão: *Uma reação química pode ser responsável pela alteração de pH de uma substância? Explique. Qual seria a escala de pH para essa substância?*

Etapa 3: Utilizando o equipamento espectrofotômetro de absorção UV/Vis, o professor deve pedir aos alunos que agrupem as soluções de acordo com as hipóteses criadas por eles e que a partir dessa ordem meçam a absorbância de cada solução. Eles precisam anotar os resultados e conversar entre si, a fim de levantar uma hipótese final sobre a solução-problema. Caso queira, professor, você pode usar as questões sugeridas para esta discussão: *Há uma relação entre o valor obtido na medição do pH e o valor obtido de absorbância das soluções? Explique. Qual é a solução-problema?*

Introduzindo os conceitos utilizados no experimento, o pH corresponde ao potencial hidrogeniônico no qual é determinado pela concentração de íons H_3O^+ em solução. Existe uma escala de pH que varia do 1 ao 14 onde o 7 é neutro. Sendo assim, as substâncias que apresentam o pH inferior a 7 são consideradas ácidas e substâncias que apresentam o pH superior a 7 são consideradas básicas.

Os indicadores ácido-base são compostos orgânicos que se comportam justamente como ácidos ou bases fracas e mudam sua coloração de acordo com a escala de pH. Essa transição de coloração é feita em uma escala reduzida onde cada indicador terá sua zona de transição.

Na espectrometria de absorção UV/Vis fundamentam-se medidas de absorção da radiação eletromagnética nas regiões do ultravioleta e do espectro visível (Skoog, 2009). Nesse método analítico é relacionada a potência do feixe incidente na amostra (P_0) com a potência do feixe transmitido (P), que é denominado de transmitância (T). A fim de facilitar os cálculos,

⁴ As questões elaboradas para o professor se encontram ao longo do texto em *itálico* para dar destaque.

para relacionar com a concentração pela lei de Beer, é usual utilizar o termo absorvância (A) que é uma relação logarítmica da transmitância (Equação 1).

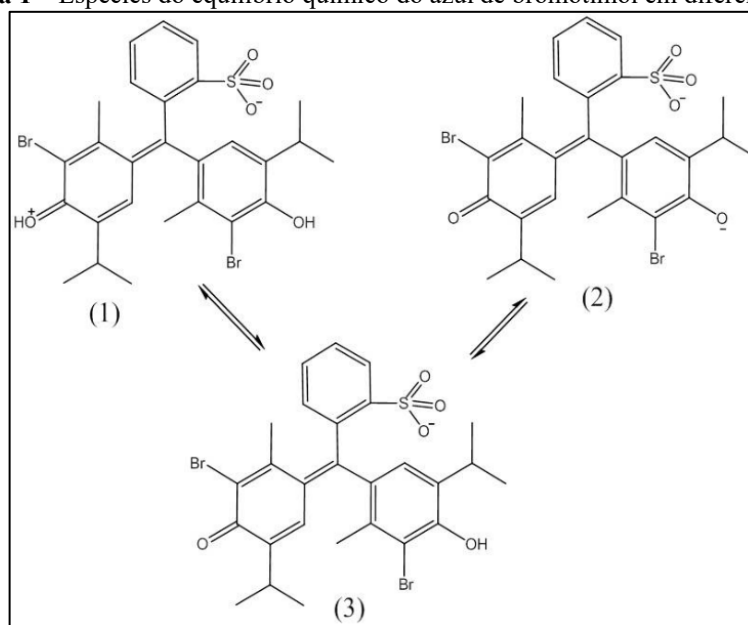
$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} \quad \text{Equação 1}$$

3.1.2 Momento 2: Interpretação do fenômeno

Para entendermos o motivo da mudança na coloração das substâncias após a adição com a solução-problema é necessário entender o conceito de pH e indicadores ácido-base. O potencial hidrogeniônico (pH) é utilizado para medir ou indicar a concentração de íons H^+ em solução: $pH = -\log[H^+]$. Um pH maior que 7 indica que a solução é básica e um pH menor que 7 indica que solução é ácida. Soluções neutras possuem pH igual a 7 (Atkins, 2018). Assim, quanto maior é a concentração dos íons $[H^+]$, menor é o valor do pH, resultando em uma solução mais ácida.

Já os indicadores ácido-base são substâncias que possuem a capacidade de mudar de cor conforme o pH do meio em que se encontra. Isso significa que se o indicador está em contato com um meio básico sua coloração irá adquirir determinada cor, porém, se o meio estiver ácido sua coloração será outra. Essa mudança de coloração se deve ao deslocamento no equilíbrio do indicador, conforme a Figura 1, que traz o exemplo da estrutura do azul de bromotimol que é um ácido orgânico fraco.

Figura 1 – Espécies do equilíbrio químico do azul de bromotimol em diferentes pH.



Fonte: Cruz et al. (2014).

A escolha do indicador é muito importante, pois cada indicador ácido-base possui uma zona de transição sendo possível descobrir, através da coloração, qual é a faixa de pH que a solução se encontra. Na Tabela 1 são apresentados exemplos de indicadores ácido-base com seus respectivos pH e intervalos de mudança de cor.

Tabela 1 - Exemplos de indicadores de pH e intervalo de mudança de coloração.

Indicador	Cor em pH abaixo da viragem	Intervalo aproximado de pH de mudança de cor	Cor em pH acima da viragem
Azul de bromofenol	Amarelo	3,0-4,6	Violeta
Alaranjado de metila	Vermelho	3,1-4,4	Amarelo
Azul de bromotimol	Amarelo	6,0-7,6	Azul
Fenolftaleína	Incolor	8,2-10,0	Rosa-carmim

Fonte: Próprios Autores

Por fim, o espectrofotômetro de absorção UV/Vis é utilizado para analisar substâncias ou compostos com o objetivo de determinar concentrações, estudar as propriedades ópticas dos materiais, visto que é incidido uma luz na substância. Dessa forma, também é possível analisar, através do gráfico gerado, se é uma substância pura ou se trata de um composto. Os estudos dessas informações podem fazer toda a diferença na análise de uma substância de modo que, com a combinação de outras técnicas, o estudante possa descobrir qual é a substância estudada.

Por meio desses conceitos, já é possível criar algumas hipóteses referente à substância desconhecida que foi utilizada, relacionando os conceitos envolvidos e os três níveis de conhecimento químico.

3.1.3 Momento 3: Sistematização do experimento segundo os níveis do conhecimento químico

Por fim, é possível concluir, através da discussão realizada pelos alunos, se os objetivos do experimento investigativo foram alcançados, sendo observado se os três níveis de conhecimento químico foram discutidos e relacionados ao longo de todo o experimento. Com isso, é possível criar algum método avaliativo para os alunos, focando em todo o processo percorrido até o descobrimento da solução-problema. Na Tabela 2, é demonstrado os três níveis de conhecimento químico para o experimento trabalhado e o que se espera que o aluno relacione.

Tabela 2 - Relação dos três níveis de conhecimento químico utilizados no experimento.

Fenomenológico	Simbólico	Submicroscópico
Mudança na coloração das substâncias após a adição da solução-problema.	$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$	Potencial Hidrogeniônico
Mudança no valor de pH das substâncias com colorações diferentes.	$A = -\log T$	Indicador ácido-base
Mudança no valor da absorbância das substâncias com colorações diferentes.	Representação da reação de equilíbrio do indicador	Equilíbrio químico
		Espectrometria de absorção UV/Vis

Fonte: Próprios autores.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Retomando os conceitos abordados no início desse trabalho, a proposta do experimento investigativo é que o estudante participe de forma interativa no processo de ensino e aprendizagem, questionando, criando e testando hipóteses, desenvolvendo o raciocínio lógico e a resolução de problemas (Suart, Marcondes, 2008; Silva, Machado, Tunes, 2019). Além desses conhecimentos, em cada etapa do experimento também é possível desenvolver a habilidade de trabalho em equipe, retomar os conhecimentos técnicos e teóricos que estão envolvidos na realização daquele experimento e criação de um roteiro de resolução do problema.

Nas análises dos questionários, nosso principal foco foi identificar trechos que evidenciassem, em maior ou menor grau, indícios de como os estudantes relacionaram os três níveis de conhecimento químico. Um desses indícios, por exemplo, poderia ser a relação do valor de pH com a coloração das substâncias, a interpretação dos resultados obtidos por meio da técnica de espectrometria de absorção molecular, ou ainda, perceber que a solução possuía diferentes colorações nos tubos de ensaio devido ao indicador de pH presente nas soluções.

Dos resultados da questão 1 (*descreva quais são as hipóteses e qual o raciocínio que foi desenvolvido ao longo de cada etapa do experimento*), podemos destacar que os seis grupos conseguiram formular hipóteses desenvolvendo um raciocínio lógico para desvendar qual era a solução-problema. Apenas um grupo não respondeu à questão de forma correta, repetindo a descrição do procedimento experimental.

Os grupos que criaram hipóteses e descreveram qual foi o raciocínio utilizado ao longo do experimento tiveram hipóteses variadas, mas todos incluíram a de que poderia ser um indicador ácido-base, visto que as soluções possuem colorações diferentes. Pelo fato de os

grupos serem pequenos, a discussão de um grupo influenciou o outro na criação de hipóteses fazendo com que os alunos de outros grupos repensassem sobre qual seria a solução-problema.

Hipóteses iniciais da solução a ser identificada surgiram, como, por exemplo, dicromato de potássio (Grupo 1 e 3), azul de tornassol (Grupo 5 e 6) e complexo de ferro (Grupo 4). Como exemplo, trazemos a resposta do grupo 1, que apresentou as seguintes hipóteses:

Achamos que a solução-problema (alaranjada) é dicromato de potássio, pois o cromo possui alguns números de oxidação, a depender da valência pode gerar soluções de cores diferentes. Outra hipótese seria o número de moléculas de água de solvatação que também pode influenciar na coloração. Grupo 1.

Esse registro do grupo evidencia que eles trouxeram conceitos pré-estabelecidos com base em sua vivência, alguns ainda não vistos na unidade curricular em questão, mas que pôde trazer uma base conceitual para começar a pensar sobre o experimento. Nenhum grupo conseguiu identificar nas primeiras etapas qual era realmente o indicador utilizado.

Após a medição de pH, todos os grupos direcionaram suas hipóteses indicando que a solução problema era um indicador ácido-base pelo fato de a coloração das soluções mudarem de acordo com seu pH.

Naturalmente, devido aos valores de pH, temos que $\text{pH} < 7$ possui a coloração amarela, $\text{pH} > 7$ possui coloração azul e $\text{pH} = 7$ possui coloração verde, estão o indicador pode ser o azul de Bromotimol. O pH da solução-problema de 3,50 confirma isso. Grupo 3.

Esse trecho de registro do Grupo 3 mostra que eles conseguiram fazer a relação correta entre os valores obtidos do pH e as colorações que as soluções apresentaram. Esse grupo também organizou as soluções em ordem crescente de pH. Os demais grupos não organizaram e não relacionaram os valores do pH com as colorações.

Na última etapa do experimento, realizando a medição de absorvância das soluções utilizando o espectrofotômetro UV/Vis, cinco dos seis grupos relacionaram de forma correta os dados obtidos na medição, como exemplo, trazemos a descrição do Grupo 2:

Após realizar as curvas no espectrofotômetro de absorção UV/Vis, foi possível observar que as soluções com cores semelhantes possuem curvas parecidas, no caso a solução 1 e 2 e solução 3 e 4. A solução 5 possui curva diferente dos outros. Grupo 2.

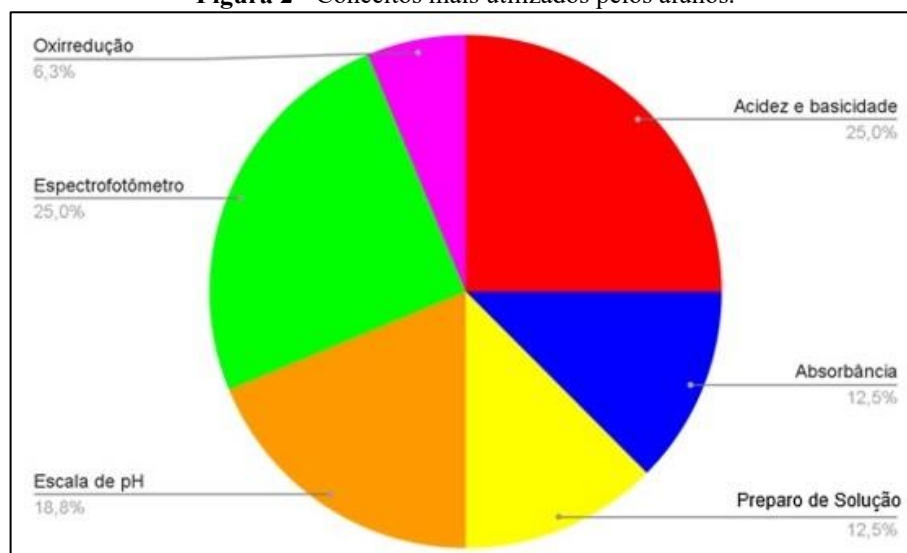
Em geral, os alunos conseguiram chegar à conclusão de que a solução problema era um indicador ácido-base. Muitos alunos conseguiram construir essa conclusão a partir da coloração

e da medição de pH. A última etapa, na visão deles, não foi tão decisiva na conclusão acerca da solução-problema.

A segunda questão (*cite quais conceitos teóricos foram utilizados ao longo do experimento*) foi pensada de forma que o professor pudesse analisar quais os conceitos que os alunos se recordariam para investigar o experimento de forma geral, analisando o macroscópico, o submicroscópico e o representacional. Para o Grupo 3, por exemplo, os conceitos utilizados se relacionaram com sua vivência ao longo da carreira discente, que foram: ácidos e bases (pH e coloração), solubilidade, espectrofotometria de absorção e complexos indicadores.

A fim de ilustrar quais foram os conceitos mais utilizados pelos alunos, fizemos um gráfico (Figura 2) com a porcentagem dos conceitos mais utilizados para a realização do experimento investigativo. Os grupos poderiam ter mais de uma resposta, por isso, 100% equivale ao número total de respostas obtidas.

Figura 2 - Conceitos mais utilizados pelos alunos.



Fonte: Próprios autores.

Analisando a Figura 2 e as respostas dos grupos, foi possível notar que conceitos como acidez e basicidade, escala de pH e espectrofotômetro foram os mais utilizados e necessários para os alunos identificarem qual seria a solução-problema. Estes foram imprescindíveis, visto que na segunda e terceira etapa do experimento, os alunos usaram o pHmetro e o espectrofotômetro UV/Vis, respectivamente.

Quando os estudantes foram questionados como eles correlacionam o triângulo de Johnstone (questão 3) à aula prática vivenciada naquele momento, todos os grupos conseguiram

relacionar o nível macroscópico de conhecimento químico de forma correta, associando este nível à mudança de coloração visual das soluções.

Quatro dos seis grupos responderam de forma incorreta o nível submicroscópico, colocando que a relação desse nível seria a curva de absorção UV/Vis ou a equação que representa a reação de deslocamento de equilíbrio, como por exemplo:

No macroscópico são as cores visíveis, sendo elas amarelo, azul e verde. No submicroscópio são as curvas de absorção no UV-VIS e o simbólico é a reação entre o indicador com as diversas substâncias. Grupo 5.

Macroscópico: observação da mudança de cor de acordo com os diferentes números de pH; Submicroscópico: reação de deslocamento de equilíbrio de um indicador ácido-base; Simbólico: reação do indicador ácido-base com sua fórmula. Grupo 6.

O Grupo 2 respondeu de forma correta, porém incompleta na relação do triângulo de Johnstone com a aula prática:

No nível macroscópico é aquilo que é visual como a mudança de cor das soluções ao pipetar a solução padrão, no nível microscópico os conceitos utilizados como mudança de pH e absorbância, e no nível representacional a representação da molécula do azul de Bromotimol e sua reação. Grupo 2.

Por fim, no nível simbólico era necessário ser demonstrado resultados e fórmulas que foram utilizadas com base nos conceitos estudados como fórmula do pH, gráficos do espectrofotômetro UV/Vis e a representação da fórmula estrutural da molécula do azul de bromotimol. Neste estudo, percebemos que quatro dos seis grupos representaram somente a fórmula do azul de bromotimol.

Essa dificuldade dos grupos em identificar os três níveis de conhecimento e relacioná-los aos processos de aprendizagem do tema de aula pode revelar, como em outros resultados de pesquisa, problemas de domínio da estrutura conceitual dos temas químicos, tal como destacam Melo e Silva (2019, p. 303): “Analisando a resposta dessa e de outras atividades realizadas, percebemos que muitos estudantes sentem dificuldade em transitar entre um modelo de natureza atômico-molecular e as equações químicas relacionadas a esses modelos”. Como mencionado na seção metodológica, os estudantes já tinham sido apresentados aos três níveis de conhecimento químico de Johnstone em disciplinas anteriores, como Práticas Pedagógicas, mesmo assim tiveram dificuldade para articulá-los durante esta atividade. Em termos de aprendizagem, entendemos que se trata da necessária transição entre o concreto sensível e o teórico-abstrato para domínio conceitual dos conteúdos da Química, o que se apresenta em

nossa área como um de nossos maiores desafios, tal como explicitado em outros estudos (Melo, Silva, 2019; Schnetzler, 2024; Chaves, Boa Morte, Cabral, 2024.)

5 CONSIDERAÇÕES

No presente estudo buscamos analisar quais as compreensões sobre os três níveis de conhecimento químico elaboradas por alunos de um curso de licenciatura sobre o tema de Química Analítica Qualitativa na aplicação de um experimento investigativo. Dos resultados evidenciados, são possíveis dois destaques principais: i) a identificação de um processo de formulações de hipóteses pelos estudantes nos grupos e com colegas dos outros grupos; ii) a análise de que maneira eles transitam entre os três níveis de conhecimento químico.

Podemos afirmar que esse tipo de atividade tem potencial contributivo no processo de ensino e aprendizagem do alunado, vez que pode possibilitar o desenvolvimento de habilidades cognitivas, intelectuais e práticas como a observação de fenômenos, formulação de hipóteses, trabalho em grupo, desenvolvimento do raciocínio lógico, resolução de problemas etc. Os desafios para o professor estão no horizonte da própria organização pedagógica, que demandará do docente domínio de quais conceitos precisam ser inseridos e mobilizados pelos alunos para elaborar o conceito objetivo da aula. Pelo lado dos estudantes, identificamos que o mais difícil é extrapolar a cultura de laboratório, de seguir o roteiro experimental como receituário sem reflexão sobre o processo, bem como, sem a necessária interação dialógica com os colegas e o professor.

Ademais, sua aplicação no ensino superior pode oportunizar aos alunos ampliar suas experiências com atividades investigativas, visto que como é alertado pela literatura, há carência de estudos sobre experimentação no ensino superior (Souza, Cabral, Queiroz, 2019) e pode contribuir para o desenvolvimento de uma concepção pedagógica da experimentação mais próxima das necessidades de sala de aula que é o desenvolvimento de pensamento pelo aluno (Antúnez, Pérez, Petrucci, 2008; Gonçalves, Marques, 2016; Galiuzzi, 2014; Melo, Silva, 2019, Schnetzler, 2024).

REFERÊNCIAS

AMARAL, E.; SOUZA, T.A.; FIRME, R. N. **Construindo o novo ensino médio: projetos interdisciplinares - Química**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2020.

ANTUNES-SOUZA, T. **(Re)Elaborações de concepções sobre docência, experimentação e ciência na formação inicial de professores de química.** 193 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Metodista de Piracicaba, Pós-Graduação em Educação, Piracicaba. 2018.

ANTUNES-SOUZA, T. Experimentação no ensino de Química: a urgência do debate epistemológico na formação inicial de professores. **REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 20 n. 3, p. 335-358, 2021. Disponível em <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8117895>

ANTUNES-SOUZA, T.; ALEME, H.G. Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química. **Revista Cocar**, v.19, n.37, P. 1-20, 2023. Disponível em <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/7410/3172>

ANTÚNEZ, G.C.; PÉREZ, S.M.; PETRUCCI, D. Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2008. Disponível em <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4028/2592>

ATKINS, P; JONES, L., **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**, 7 ed., Porto Alegre: Bookman, 2018.

CHAVES, É. P.; MORTE, G. R. S. B.; CABRAL, W. A. A experimentação no ensino de química e a promoção dos níveis do conhecimento químico. **Educação em Foco**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. e29017, 2024. DOI: 10.34019/2447-5246.2024.v29.43793.

CHIU, M.H.; WU, H.K. The Roles of Multimedia in the Teaching and Learning of the Triplet Relationship in Chemistry. In GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Org.), **Multiple representations in Chemical Education: models and modeling in science education**. Springer Science+Business, p. 251-283, 2009.

CRUZ, N.A et al. **Avaliação do azul de bromotimol como poluente persistente em meio aquoso sob fotólise ultravioleta**, EPENEX, v. único, 2014. Disponível em <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/2283>. Acesso em 15/11/23.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. **Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada**. Química Nova na Escola, v. 32, nº 2, p. 101-106, maio 2010. Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf

GALIAZZI, M. do C. **Educar pela pesquisa: ambiente de formação de professores de ciências**, Unijuí: Ijuí, 2014.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. **Multiple representations in Chemical Education: models and modeling in science education**. Springer Science+Business, 2009.

GIL-PÉREZ, D.; FURIO M.C.; VALDES, P.; SALINAS, J.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; GUISASOLA, J.; GONZALEZ, E.; DUMAS-CARRE, A.; GOFFARD, M. e

CARVALHO, A.M.P. **Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolucion de problemas de lapis y papel y realización de prácticas de laboratorio?**

Enseñanza de las Ciencias, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999. Disponível em <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21581>

GUIMARÃES, C.C. **Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa**. Química Nova na Escola, vol. 31, n.3, p. 198-202, 2009. Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf

HARRIS, Daniel C. **Análise Química Quantitativa**. 9ª Edição, LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 2017.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A.H. **The Future Chape of Chemistry Education**. Chemistry Education: Research and Practice, v. 5, n. 3, 2004.

LÜDKE, M.; ANDRE, M. E.D.A. **A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2 ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013

MELO, M. S.; SILVA, R. R. **Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional**. Revista Exitus, Santarém/PA, Vol. 9, Nº 5, p. 301 - 330, Edição Especial 2019. Disponível em <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2019v9n5id1109>

OLIVEIRA, N. e SOARES, M.H.F.B. **As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico**. X ENEQ, 2010. Disponível em <https://www.sbq.org.br/eneq/xv/resumos/R1316-1.pdf>

PEREIRA, J. G. N.; SAMPAIO, C. de G. A Experimentação no Ensino de Química Durante a Educação Básica no Brasil: Reflexões de uma Revisão da Literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 319–337, 2022. DOI: 10.53003/redequim.v8i3.5120.

SCHNETLZER, R. Concepções de Docência em 50 anos de Educação Química Brasileira. **Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química**, v. 5, n. 1, p. 1 – 20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56117/resbenq.2024.v5.e052408>

SCHNETZLER, R.; ANTUNES-SOUZA, T. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 947-954, 2019. Disponível em <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170401>

SILVA, R.R.; MACHADO, P.F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. Ensino de química em foco. **Ijuí: Ed. Unijuí**, p. 231-261, 2010.

SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James. **Fundamentos de química analítica**. 2ª edição São Paulo: Cengage Learning , 2014, 1088p.

SOUZA, R. F.; CABRAL, P. F. O.; QUEIROZ, S. L. **Mapeamento da pesquisa no campo da experimentação no ensino de química no Brasil.** Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, vol. 12, n. 2, p. 93-119, 2019. Disponível em <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n2p93>

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. **Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 8, n.2, p.1-22, 2008. Disponível em <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4022/2586>

SUART, R.C.; MARCONDES, M.E.R. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química.** Ciências & Cognição, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009. Disponível em https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-58212009000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt

TABER, K. Exploring the language(s) of chemistry education. **Chemical Education Research and Practice**, 16, 193 – 197, 2015. DOI <https://doi.org/10.1039/C5RP90003D>
TALANQUER, V. Chemical rationales: another triplet for Chemical thinking. **International Journal of Science Education**, 40, n.15, 1874–1890, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1513671>

THOMAS, G. P. ‘Triangulation:’ an expression for stimulating metacognitive reflection regarding the use of ‘triplet’ representations for chemistry learning. **Chemistry Education Research and Practice**, 18, n. 4, 533-548, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1039/C6RP00227G>

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

AGRADECIMENTOS

Não se aplica.

FINANCIAMENTO

Financiado pelos próprios autores.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Introdução: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Referencial teórico: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Análise de dados: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Discussão dos resultados: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Conclusão e considerações finais: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Referências: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Revisão do manuscrito: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

Aprovação da versão final publicada: Helga Gabriela Aleme, Pedro Henrique dos Santos, Thiago Antunes-Souza

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmica, política e financeira referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Os autores informam que a maior parte dos dados da pesquisa encontra-se descrita no manuscrito e reafirmam, em consonância com as práticas de comunicação científica da ciência aberta, a disposição de disponibilizá-los aos

leitores interessados, respeitando integralmente o compromisso assumido junto ao comitê de ética.

PREPRINT

Não publicado.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

A pesquisa realizada que gerou o manuscrito foi aprovada Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos sob CAAE nº 29439120.3.0000.5505.

COMO CITAR - ABNT

ALEME, Helga Gabriela; DOS SANTOS, Pedro Henrique; ANTUNES-SOUZA, Thiago. Experimentação investigativa para o ensino de química analítica na formação de professores. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 14, e26001, jan./dez., 2026. <https://doi.org/10.26571/reamec.v14.19071>

COMO CITAR - APA

Aleme, H.G., Dos Santos, P. H., Antunes-Souza, T. (2026). Experimentação investigativa para o ensino de química analítica na formação de professores. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 14, e26001. <https://doi.org/10.26571/reamec.v14.19071>

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

POLÍTICA DE RETRATAÇÃO - CROSSMARK/CROSSREF

Os autores e os editores assumem a responsabilidade e o compromisso com os termos da Política de Retratação da Revista REAMEC. Esta política é registrada na Crossref com o DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.retratoacao>



OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto (*Open Access*) e sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos dos autores (*Article Processing Charges – APCs*). O acesso aberto é um amplo movimento internacional que busca conceder acesso online gratuito e aberto a informações acadêmicas, como publicações e dados. Uma publicação é definida como 'acesso aberto' quando não existem barreiras financeiras, legais ou técnicas para acessá-la - ou seja, quando qualquer pessoa pode ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou usá-la na educação ou de qualquer outra forma dentro dos acordos legais.



LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o *software* de detecção de texto *iThenticate* da Turnitin, através do serviço *Similarity Check* da *Crossref*.



PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



EDITOR

Dailson Evangelista Costa  

AVALIADORES

Bruna Rafaela Silva Ibiapina  

Antônio Cachapuz 

HISTÓRICO

Submetido: 29 de janeiro de 2025.

Aprovado: 17 de junho de 2025.

Publicado: 15 de janeiro de 2026.
