

Explorando o pensamento químico de licenciandos em aulas experimentais remotas

Exploring the chemical thinking of licensees in remote experimental classes

Fernanda G. de Almeida e Fabiele Cristiane D. Broietti

RESUMO: Com a pandemia do coronavírus o cenário educacional tornou-se ainda mais desafiador, em virtude da suspensão das aulas presenciais e a condição de aulas remotas. Diante desse novo desafio apresentamos o seguinte questionamento: como propor aulas experimentais remotamente priorizando o caráter investigativo e que permitam aos licenciandos fazer uso do pensamento químico? Analisamos dados de uma atividade experimental referente ao conteúdo densidade, seguindo os pressupostos da Análise de Conteúdo, por meio de categorias definidas *a priori*. A atividade proposta foi eficaz para engajar os estudantes no uso do pensamento químico, uma vez que pelo menos uma das variáveis de progresso esperada foi encontrada nas respostas de todos os estudantes. Além disso, a atividade possibilitou que os estudantes utilizassem aspectos do pensamento químico para estabelecer causas para as mudanças químicas e relações entre benefícios, custos e riscos da utilização de diferentes materiais na produção de embalagens.

Palavras chave: Experimentação, Pensamento Químico, Ensino Remoto

ABSTRACT: With the coronavirus pandemic, the educational scenario became even more challenging, due to the suspension of in-person classes and the condition of remote classes. Faced with this new challenge, we present the following question: how to propose remote experimental classes prioritizing the investigative character and allowing undergraduates to make use of chemical thinking? To this end, we analyzed data from an experimental activity referring to the concept of density, following the assumptions of Content Analysis by means of *a priori* categories. The proposed activity was effective in engaging students in the use of chemical thinking, since at least one of the expected progress variables was found in the responses of all students. In addition, the activity enabled students to use aspects of chemical thinking to establish causes for chemical changes and relationships between benefits, costs and risks of using different materials in the production of packaging.

Keywords: Experimentation, Chemical Thinking, Remote Teaching

1

Fernanda Garcia de Almeida (fergarciaalmeida@gmail.com), bacharel e licenciada em Química, doutoranda do programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela UEL. Londrina, PR – BR. **Fabiele Cristiane Dias Broietti** (fabieledias@uel.br), licenciada em Química, doutora na área de Ensino de Ciências pela UEM, atualmente é professora/pesquisadora na área de Educação Química na Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR -BR. Recebido em 23/10/2021, aceito em 02/02/2022

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.



Desde março de 2020 vivemos em estado de pandemia devido ao vírus SARS-CoV-2, causador da doença covid-19. Segundo dados disponibilizados pela Organização Mundial da Saúde, até o dia 19 de setembro de 2021 foram confirmadas 4.644.740 mortes pela doença. No Brasil, aproximadamente na metade do ano de 2021, atingiu-se a marca de 500 mil mortes causadas pela doença. A fim de minimizar a propagação do vírus, o Ministério da Saúde apresentou uma série de recomendações a serem seguidas, dentre elas, o isolamento social (OMS, 2020; Regueiro *et al.*, 2020; Brasil - Ministério da Saúde, 2020). Como consequência, o Ministério da Educação (MEC) publicou uma medida autorizando a substituição das disciplinas presenciais por aulas que pudessem ser realizadas utilizando Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) (Brasil - Ministério da Educação, 2020). Frente a esta situação, as instituições de ensino precisaram buscar outras formas para dar continuidade a suas atividades, adotando, portanto, a modalidade de ensino remoto.

Atualmente, encontram-se publicadas diversas pesquisas relacionadas a essa temática, visando compreender as implicações dessa nova modalidade de ensino e seus desafios (Fiori e Goi, 2020; Silva, *et al.*, 2020; Cantoni *et al.*, 2021; Almeida *et al.*, 2020; Imberti *et al.*, 2021).

Diante de tais considerações, tecemos o seguinte questionamento: Como propor aulas experimentais remotamente, priorizando o caráter investigativo e que permitam aos estudantes fazer uso do pensamento químico? Nesse sentido, estabelecemos alguns objetivos específicos: i) elaborar e desenvolver atividades experimentais investigativas, de forma remota, para estudantes de um curso de licenciatura em química; ii) avaliar o uso do pensamento químico por estudantes nessas aulas.

Atividades experimentais e o Ensino Remoto

De acordo com Camillo e Graffunder (2021), as atividades experimentais podem ser facilitadoras para a compreensão do conhecimento, principalmente por articular teoria e prática, gerar curiosidade, criatividade e criticidade. Os autores ainda argumentam que podem ser ponto de partida para discussões, reflexões e cooperação, devendo-se levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e aproximando o conhecimento científico do mundo a sua volta (Camillo e Graffunder, 2021).

De acordo com Souza e colaboradores (2013), uma atividade experimental não deve se limitar a desenvolver habilidades manuais dos estudantes, mas, além disso, permitir uma participação intelectual ativa, para que o estudante, refletindo acerca dos fenômenos, formule hipóteses e estabeleça relações entre fatos observados e explicações, resultando na construção do conhecimento (Souza *et al.*, 2013).

Assim, podemos destacar as atividades experimentais de caráter investigativo como uma alternativa para desconstruir a visão tecnicista que ainda permeia as atividades experimentais,

uma vez que em tal modalidade o trabalho experimental está centrado no estudante, tornando-o sujeito ativo no processo de aprendizagem e abrindo espaços para discussão e tomada de decisão (Suart e Marcondes, 2008; Ferreira *et al.*, 2009; Santos e Menezes, 2020).

De modo geral, as atividades experimentais investigativas se iniciam com situações problemas contextualizadas das quais os estudantes participam ativamente refletindo acerca do problema, formulando hipóteses, coletando e interpretando dados, debatendo, propondo soluções e as aplicando em novas situações. Tais atividades possibilitam que os estudantes relacionem os conhecimentos químicos para interpretar fenômenos que fazem parte da sua realidade, desenvolvendo dessa forma seu pensamento químico. A compreensão de “pensamento químico”, abordada neste estudo, será melhor explicitada em uma seção própria (Suart e Marcondes, 2008; Ferreira *et al.*, 2009).

Durante a suspensão das aulas presenciais, outras possibilidades tiveram que ser pensadas a fim de se trabalhar a partir de experimentos. Santos e colaboradores (2020) abordam o uso de laboratórios virtuais, explicitando que esse tipo de abordagem vem ganhando destaque no Ensino à Distância. Nesse trabalho, em específico, foi utilizada a plataforma PhET, que permite simulações em diferentes áreas, como física, química e matemática. O simulador é gratuito e encontra-se disponível no site: <https://phet.colorado.edu/pt/>. Os autores afirmam que, fazendo o uso do laboratório virtual de aprendizagem, houve uma notável participação dos alunos na aula síncrona, o que demonstra ser uma ferramenta que incentivou e motivou os alunos. Contudo, destacam que alguns alunos não realizaram o questionário avaliativo e que alguns foram resistentes frente ao uso de mais uma plataforma diferente, com a justificativa de falta de tecnologias apropriadas para manusear o PhET (Santos *et al.*, 2020).

Ainda sobre laboratórios virtuais, Gomes e colaboradores (2020) integraram laboratórios online a uma sequência didática investigativa para abordar o conteúdo densidade. Os autores afirmam que a junção dos laboratórios remotos com as sequências didáticas investigativas contribuiu para um melhor entendimento sobre o conceito de densidade, motivando e facilitando a aprendizagem, além de aproximar a escola de situações do cotidiano. Contudo, os autores abordam que os bons resultados dessa proposta pedagógica foram influenciados pelo contexto dos alunos participantes, que apresentam um bom domínio e acesso aos recursos tecnológicos, e também da infraestrutura da instituição, salientando que infelizmente essa não é uma realidade geral da educação básica (Gomes *et al.*, 2020).

Silva e Silva (2020) abordam o uso de simuladores computacionais para auxiliar os conceitos de volumetria em aulas remotas durante a pandemia. Nesse estudo, o professor apresentou aos estudantes alguns exercícios e os estudantes, ao interagirem com o software, buscaram resolvê-los (Silva e Silva, 2020).

Sousa e Valério (2021) também realizaram um trabalho sobre a química experimental no ensino remoto em tempos

de covid-19. Nesse trabalho, os autores utilizaram vídeos de experimentos gravados e uso de um simulador para abordar os conteúdos de gases, equilíbrio químico e eletroquímica. Dentre alguns dos resultados, os autores apontam que os estudantes compreenderam o conteúdo com maior facilidade com os recursos aplicados. Entretanto, os autores também destacam que muitos alunos apresentaram dificuldades frente ao ensino remoto e com carência de tecnologias.

Em outro estudo, Silva e colaboradores (2020) investigaram as concepções dos professores dos cursos de química sobre atividades experimentais e o ensino remoto. Em uma das questões, os professores deveriam dizer se consideravam ser possível ministrar disciplinas experimentais no formato remoto, sendo ainda questionados como as realizariam. Como resultado, em 61,5% das respostas os professores mencionam o uso de vídeos de experimentos e softwares, propondo a gravação audiovisual dos experimentos que os estudantes realizariam nos laboratórios ou recorrendo a vídeos já disponíveis. Para esses professores, as maiores dificuldades que os alunos encontraram se associam a questões de internet e de autonomia frente aos estudos (Silva, *et al.*, 2020).

Diante desse contexto, neste estudo foram elaboradas e desenvolvidas atividades experimentais investigativas para estudantes em uma disciplina ministrada de forma remota em um curso de Licenciatura em Química. Assim, neste trabalho, apresentamos resultados das análises de uma das atividades, que aborda o conteúdo densidade, objetivando avaliar o uso do pensamento químico nessa atividade.

Pensamento químico: algumas considerações

Banks e colaboradores (2015) apontam que avaliar opções e tomar decisões frente a um fenômeno pautados em conhecimentos químicos, levando em consideração aspectos de âmbito social, econômico e ambiental, são atitudes que devem ser praticadas em todos os níveis educacionais. Contudo, o uso do conhecimento químico tanto para fazer julgamentos quanto na tomada de decisões ainda é pouco discutido nas aulas convencionais, nos mais diferentes níveis de ensino (Banks *et al.*, 2015).

Em um contexto estadunidense, muitos dos cursos universitários de química mais antigos apresentavam um currículo pautado na exposição dos tópicos por progressão linear de conceitos. Essa organização, na maioria das vezes, não possibilitava que os estudantes estabelecessem conexões entre as etapas sucessivas e nem entre os diferentes níveis conceituais. Além disso, observava-se também que esses currículos tendiam a apresentar os tópicos de forma isolada e focados na resolução de problemas algorítmicos desvinculados da prática, dos modos de pensar e das aplicações das pesquisas em química e educação (Talanquer e Pollard, 2010; Sevian e Talanquer, 2014).

Na tentativa de minimizar os problemas identificados nesse currículo, no ano de 2007, os pesquisadores Vicente Talanquer

e John Pollard desenvolveram e iniciaram a implementação de uma nova organização para o curso introdutório de química para graduandos em ciências e engenharia na universidade do Arizona, nos Estados Unidos. Essa nova estrutura foi denominada “Chemical Thinking”, e tinha por objetivo a promoção de uma compreensão conceitual mais aprofundada de um núcleo mínimo de ideias fundamentais, ao contrário de uma cobertura superficial de vários tópicos.

Essa nova organização buscava conectar as ideias centrais entre as unidades do curso, seguindo progressões de aprendizagem bem definidas, ou seja, sequência de ideias ou práticas com níveis sucessivamente mais altos de compreensão sobre um tópico; apresentar aos estudantes formas contemporâneas de pensamento e resolução de problemas em química; e envolver os estudantes em atividades realistas de tomada de decisão e solução de problemas (Talanquer e Pollard, 2010; Sevian e Talanquer, 2014).

Volkova (2019) afirma que o sucesso do domínio do conhecimento químico está intimamente relacionado com o desenvolvimento do pensamento químico. Podemos perceber que, nesse contexto, os termos “conhecimento químico” e “pensamento químico” são empregados com sentidos diferentes. Essa diferença também pode ser evidenciada em artigos do pesquisador Vicente Talanquer e seus colaboradores, ao proporem uma definição para o termo “pensamento químico”. Encontramos em seus artigos que o pensamento químico é o desenvolvimento e a aplicação de conhecimentos e práticas químicas com o objetivo principal de analisar, sintetizar, e transformar a matéria para fins práticos (Banks *et al.*, 2015; Sjöström e Talanquer, 2018; Sevian e Talanquer, 2014). Ainda sobre a compreensão da ideia do pensamento químico, Talanquer (2019) afirma que o pensamento químico envolve uma série de outras atividades, como: analisar, discutir, refletir e propor explicações e soluções razoáveis para problemas e fenômenos relevantes.

A partir dessas leituras, podemos destacar que os autores utilizam o termo “conhecimento químico” no sentido de conceitos adquiridos. Ao passo que, ao colocar esse conhecimento em movimento para analisar, discutir, refletir e propor explicações para problemas, o que está sendo exercitado e desenvolvido é o pensamento químico. Nesse sentido, quanto mais desenvolvido for o pensamento químico do estudante, significa que mais domínio do conhecimento químico ele terá, mais saberá utilizar os conceitos para fins práticos na interpretação de fenômenos.

Podemos correlacionar o termo “pensamento químico” com o termo “pensamento matemático”, já bem explorado na literatura brasileira. A respeito da ideia de pensamento matemático, Klaiiber (2019) aponta que:

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, “a forma de trabalhar os conteúdos deve sempre agregar um valor matemático” (Brasil, 2006, p. 69), ou seja, as situações de aprendizagem devem valorizar a argumentação, a dedução, a

elaboração e a verificação de conjecturas, a generalização e a abstração (Klaiber, 2019, p. 17).

Podemos evidenciar que o pensamento matemático, da forma como também entendemos o pensamento químico, transcende a aquisição de conceitos, englobando o uso do conhecimento para realizar uma série de tarefas como argumentação, dedução e elaboração de hipóteses.

Schnetzler e Antunes-Souza (2019) e Wenzel (2018) abordam a importância da linguagem química para a construção do pensamento químico. A química é uma ciência repleta de símbolos utilizados em diferentes situações. Por exemplo, letras são utilizadas para representar elementos químicos; setas para representar reações e indicar os seus sentidos, as letras A e Z para representar massa e número atômico, respectivamente. Assim, para aprender química é necessário atribuir significados a esses símbolos, para que não se tenha seu uso de forma mecânica.

Dessa forma, por meio da linguagem química, vão sendo criadas novas estruturas de pensamento a partir de significações compartilhadas das simbologias. Nesse sentido, quando um aluno estabelece relações corretas entre palavras, símbolos ou equações específicas da química para explicar um fenômeno, ele demonstra atribuir significados a tais símbolos, indiciando a formação do pensamento químico. Assim, a formação do pensamento químico requer que o sujeito tenha a capacidade de compreender os aspectos históricos que são importantes para a elaboração dos conhecimentos químicos, as especificidades da linguagem química e saber estabelecer relações entre tais aspectos ao seu contexto social, tendo em vista a compreensão sobre o mundo (Wenzel, 2018; Schnetzler e Antunes-Souza, 2019).

A partir dessas leituras e interpretações, assumimos a seguinte definição para o termo “pensamento químico”, a saber: uso do conhecimento químico e da linguagem química na interpretação de fenômenos e tomada de decisões em diferentes contextos do mundo real, articulando fatores sociais, econômicos e ambientais.

A estruturação do pensamento químico se baseia em seis conceitos disciplinares transversais que são considerados essenciais para que se compreenda e realize atividades práticas de análise, síntese e transformação química. Esses conceitos são propostos, nos pressupostos teóricos do pensamento químico, como lentes para que sejam analisadas as compreensões de aspectos essenciais do conhecimento de química, por exemplo, ligações químicas e teoria atômica (Sevian e Talanquer, 2014). Tais conceitos são:

- Identidade química (O que é esta substância?);
- Relações estrutura-propriedades (Quais propriedades esta substância possui?);
- Causalidade química (O que faz com que esta substância mude?);
- Mecanismo químico (Como essa substância muda?);

- Controle químico (Como podemos controlar a mudança?);
- Benefícios-custos-riscos (Quais são as consequências de mudar a matéria?) (Adaptado de Banks *et al.*, 2015).

Segundo Talanquer (2013), aprender nesse contexto não deve ser entendido simplesmente como aquisição de mais conhecimentos e habilidades, mas como um progresso em direção a níveis mais elevados de competência em áreas bem definidas (Talanquer, 2013).

Dessa forma, desses conceitos transversais derivam perguntas mais específicas, chamadas de variáveis de progresso (VP), que impulsionam o pensamento químico e que, perpassando por elas, espera-se que a aprendizagem dos estudantes progrida. Essas são questões essenciais no trabalho do cientista e químicos à medida que analisam materiais, sintetizam substâncias ou transformam a matéria, a saber:

- Que tipos de matéria existem? (VP1);
- Que informações podem ser usadas para diferenciar os tipos de matéria? (VP2);
- Como surgem as propriedades dos tipos de matéria? (VP3);
- Como a estrutura influencia a reatividade? (VP4);
- O que impulsiona as mudanças químicas? (VP5);
- O que determina os resultados das mudanças químicas? (VP6);
- Quais padrões de interação são estabelecidos? (VP7);
- O que afeta as mudanças químicas? (VP8);
- Como as alterações químicas podem ser controladas? (VP9);
- Como os efeitos podem ser controlados? (VP10);
- Quais são os efeitos do uso e produção de diferentes tipos de matéria? (VP11) (Adaptado de Banks *et al.*, 2015).

A Figura 1 apresenta o modo como cada variável de progresso se relaciona com os conceitos transversais.

A partir da Figura 1, podemos notar que um mesmo conceito disciplinar transversal (azul) pode se associar a mais de uma variável de progresso (verde), do mesmo modo que uma variável de progresso também pode estar relacionada a mais de um conceito disciplinar transversal. As relações que se estabelecem são indicadas na figura pelas setas. Como exemplo, ao conceito disciplinar transversal identidade química, se relacionam a VP1 (que tipos de matéria existem?), a VP2 (que informações podem ser usadas para diferenciar os tipos de matéria?) e a VP11 (quais são os efeitos do uso e produção de diferentes tipos de matéria?), ao passo que a VP2 também se liga ao conceito disciplinar transversal de estrutura-propriedades e a VP11 se liga a benefícios-custos-riscos.

No que tange à experimentação, na estrutura do pensamento químico, as atividades experimentais podem ser organizadas como projetos nos quais os estudantes trabalham de forma colaborativa em pequenos grupos para investigar a respeito de determinado sistema. Ao longo das atividades, os estudantes têm a possibilidade de aplicar o pensamento químico para analisar ou sintetizar diversos produtos. As atividades experimentais se estruturam em torno de tarefas que os estudantes

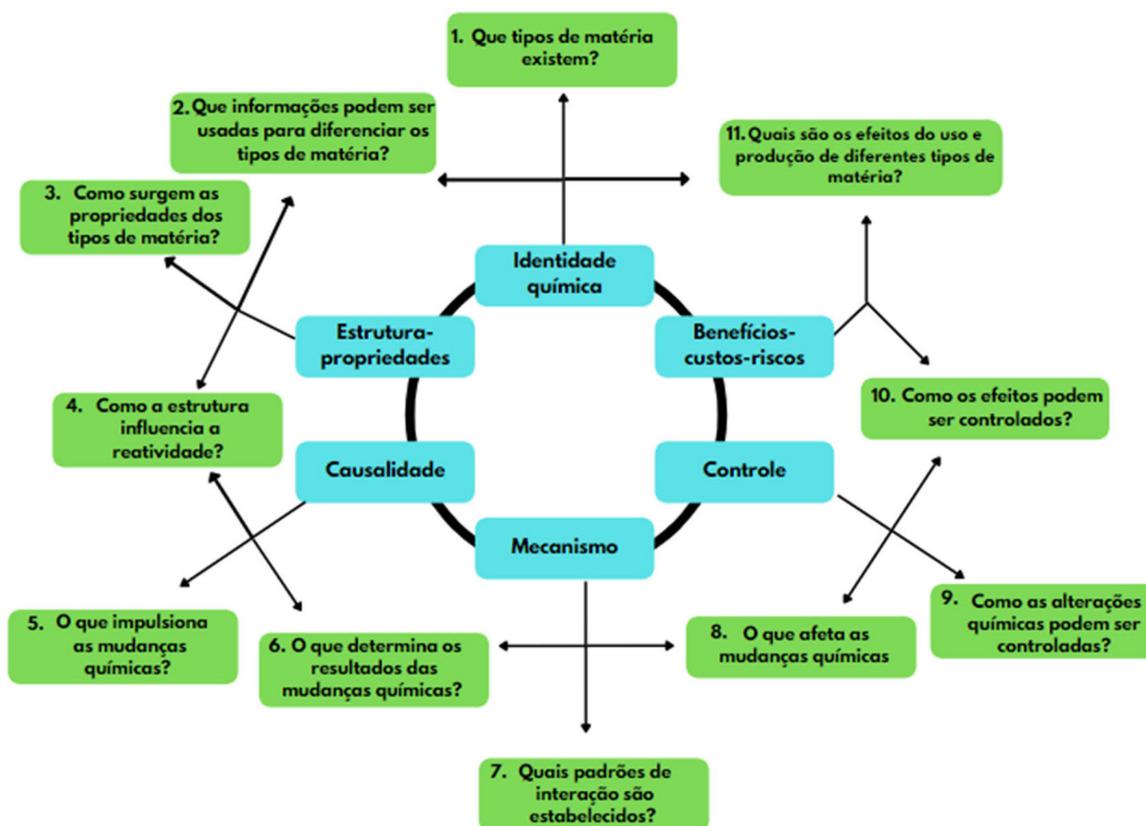


Figura 1: Relação entre conceitos transversais e variáveis de progresso. (Adaptado de Sevian e Talanquer, 2014).

devem cumprir, sendo tais tarefas contextualizadas e com caráter investigativo (Talanquer e Pollard, 2010).

Propostas de atividades experimentais nessa perspectiva podem tomar como base a abordagem Heurística da Escrita Científica. De acordo com Burke e Greenbowe (2006), nesse tipo de abordagem combina-se a investigação, o trabalho colaborativo e a escrita, fornecendo uma estrutura para professores e estudantes realizarem atividades experimentais eficazes.

A abordagem Heurística da Escrita Científica é estruturada pensando em promover a participação dos estudantes no trabalho de laboratório, solicitando-se que identifiquem as questões do problema, proponham métodos práticos para abordar essas questões e realizem investigações apropriadas. É solicitado também que os estudantes compartilhem suas descobertas com os demais estudantes, ou comparem com dados da literatura. Essa abordagem leva o estudante a formular hipóteses e inferências, buscar meios de verificar suas hipóteses com evidências experimentais e refletir durante todo o processo (Burke e Greenbowe, 2006).

O Quadro 1 apresenta uma comparação do formato de relatórios na abordagem Heurística da Escrita Científica e de relatórios de laboratórios tradicionais.

Como se observa no Quadro 1, a abordagem heurística da escrita científica permite que o estudante desempenhe um papel mais ativo em seu processo de aprendizagem, interpretando o problema em questão, formulando hipóteses e buscando meios experimentais para verificá-las, enquanto no modelo tradicional

algumas informações já estão prontas para o estudante apenas executar, sem explorar seu pensamento químico.

As ideias apresentadas fundamentaram a organização das atividades experimentais ministradas remotamente para os estudantes de um curso de licenciatura em Química. Na próxima seção, apresentamos em detalhes o encaminhamento metodológico adotado no decorrer da pesquisa.

Encaminhamento metodológico

Este estudo foi realizado em uma disciplina ministrada para o último ano de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade da região do Sul do Brasil. Trata-se de uma disciplina em que se discute aspectos referentes à experimentação para o ensino de Química. Nela, o estudante tem a oportunidade de vivenciar e propor experimentos, compreendendo-os como uma ferramenta pedagógica útil na construção de conhecimentos químicos. A disciplina tem carga horária de 72 horas, que foram ministradas de forma remota. A disciplina ocorreu ao longo do primeiro semestre do ano de 2021, com a participação de 8 acadêmicos, sendo cinco homens e três mulheres.

Foram desenvolvidas ao todo sete atividades experimentais que abordavam assuntos tais como: acidez e basicidade das substâncias, densidade dos materiais, conservação de massa em processos químicos, chuva ácida, solubilidade, cinética química e equilíbrio químico.

Quadro 1: Comparação entre o formato de relatórios tradicionais e relatórios na abordagem Heurística da Escrita Científica. (Adaptado de Burke e Greenbowe, 2006).

Formato de relatório na abordagem experimental tradicional	Relatório na abordagem experimental da Heurística da Escrita Científica
Título, propósito	Perguntas iniciais - Quais são minhas perguntas?
Esboço do procedimento	Testes - o que eu devo e posso fazer?
Dados e observações	Que dados eu posso obter?
Equações balanceadas, cálculos e gráficos	Provas - como posso saber? Por que estou fazendo essas afirmações? Reflexões - como minhas ideias se comparam a outras ideias? Como minhas ideias mudaram?

Para este trabalho nos limitamos a analisar dados referentes à atividade experimental que abordava o conteúdo de densidade dos materiais. De acordo com Broietti, Ferracin e Arrigo (2018), nas aulas de Ciências é nítida a dificuldade dos estudantes na compreensão do conceito de densidade. Essas autoras mencionam que, muitas vezes, há a memorização da fórmula ($d = m/v$), o que não condiz com a utilização correta do conceito em situações cotidianas. Nesse sentido, escolhemos essa atividade como foco de investigação a fim de analisarmos como os licenciandos, futuros professores, lidam com esse conceito.

6

A coleta de dados ocorreu por meio de questões pré e pós-experimento que foram inspiradas na abordagem Heurística da Escrita Científica (Burke e Greenbowe, 2006). Inicialmente, os estudantes recebiam por meio da plataforma Google Classroom® as questões pré-experimento, para serem respondidas como atividades assíncronas. A partir dessas questões buscava-se identificar entendimentos iniciais dos estudantes sobre a situação-problema abordada, bem como a elaboração de hipóteses. A situação-problema, neste estudo, pode ser entendida como um problema relacionado ao contexto dos estudantes, que para ser solucionado requer um diálogo, uma discussão em torno das hipóteses por eles manifestadas (Zanon e Freitas, 2007).

Na aula síncrona, após os alunos responderem as questões, o professor mediava uma discussão fornecendo espaço para que os alunos apresentassem suas respostas e debatesses sobre elas, coletivamente.

Uma vez que não foi possível utilizar o laboratório para realizar as atividades experimentais presencialmente com os estudantes, foram selecionados vídeos de experimentos disponibilizados gratuitamente na internet, os quais foram editados e disponibilizados para os estudantes. Como uma segunda atividade, os estudantes recebiam o vídeo experimental e algumas questões pós-experimento para serem respondidas como atividade assíncrona. Para essa aula foi selecionado um vídeo experimental no qual diferentes plásticos foram separados, em um béquer com água, em dois grupos, os que afundavam na água e os que flutuavam, dependendo de sua densidade. O vídeo fornecido aos estudantes foi editado para que apresentasse apenas a execução do experimento. O vídeo original, antes da edição, encontra-se disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_yt18HwthGE&t=12s.

Consideramos que a atividade proposta apresentou características de uma atividade experimental demonstrativa de caráter investigativo. Demonstrativa, pois os estudantes não realizaram atividades manuais: eles observaram o experimento realizado e fizeram anotações. Investigativa uma vez que teve início com uma situação-problema permitindo que os estudantes relacionassem seus conhecimentos prévios com o que foi observado no experimento para elaborar hipóteses referente ao problema proposto (Oliveira e Soares, 2010).

As questões pós-experimento buscavam repensar questões conceituais suscitadas no momento pré-experimento, sistematizar os conceitos e tecer algumas considerações que relacionavam o experimento e a problematização. Por fim, em um momento síncrono posterior, realizou-se a discussão das questões pós-experimento, coletivamente, novamente mediada pelo professor.

As respostas dos estudantes para as questões pré e pós-experimento constituíram o *corpus* deste estudo. Vale mencionar que a pesquisa faz parte de um projeto maior, e que teve aprovação no Comitê de Ética da Universidade em questão. A metodologia empregada para análise dos dados foi embasada nos pressupostos da Análise de Conteúdo descrita por Bardin (2011). Segundo a autora, a análise de conteúdo se organiza em três etapas: pré-análise, exploração do material, e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A primeira etapa consiste na escolha dos documentos a serem analisados, considerando os objetivos do estudo. A segunda etapa, exploração do material, consiste na codificação e categorização. No processo de codificação usamos os códigos de A1 até A8, para identificar os estudantes, com o intuito de preservar o anonimato dos sujeitos de pesquisa. Durante a categorização as unidades de análise foram agrupadas tematicamente em categorias, as quais permitem as inferências. As categorias podem ser definidas *a priori*, de acordo com um referencial teórico, ou *a posteriori*, que emergem no decorrer da análise. Nesse estudo, visando identificar o uso do pensamento químico por parte dos licenciandos na aula experimental analisada, adotamos categorias *a priori*, sendo estas as 11 variáveis de progresso (Figura 1). Na última etapa realizaram-se as inferências e interpretações do fenômeno em estudo, etapa apresentada na próxima seção.

Resultados e Discussão

Os dados serão apresentados organizados em dois momentos: primeiramente, referente ao momento pré-experimento; e, na sequência, os dados referentes ao momento pós-experimento.

Para a atividade analisada, a situação-problema convidava o estudante a se colocar no papel de um químico de uma indústria de embalagens plásticas, a fim de averiguar e entender o porquê de a indústria estar recebendo reclamações de que as embalagens, de um último lote, estavam mais finas e moles. As questões propostas antes e após o vídeo experimental estão apresentadas no Quadro 2.

Momento pré-experimento

A questão 1 do momento pré-experimento tinha o objetivo de identificar se os estudantes conseguiam, a partir da leitura da situação-problema, identificar qual o assunto abordado. Os oito estudantes conseguiram identificar o tema abordado se expressando de diferentes formas, como apresentado abaixo.

A qualidade das embalagens de plástico. [A1]
As diferenças das embalagens do primeiro lote e dos demais lotes. [A3]
A qualidade dos polímeros, uma vez que os clientes estavam reclamando. [A6]

Com essa questão se buscava a compreensão dos estudantes sobre a temática da situação-problema. Dessa forma, para essa

questão, não identificamos as variáveis de progresso (Figura 1). A partir das respostas foi possível evidenciar que os estudantes conseguiram identificar, sem grandes dificuldades, a temática abordada; contudo, ainda não identificaram que a situação problema e a atividade experimental estariam relacionadas com o conteúdo químico densidade.

A questão 2 examinava a causa da diferença entre as embalagens, podendo ser compreendida sob dois aspectos. Primeiro, podemos compreender que os aspectos diferentes apresentados pelas embalagens podem ser devidos às diferentes matérias-primas utilizadas no processo de produção. Assim, materiais diferentes apresentam propriedades diferentes – mais especificamente nesse experimento, a densidade; logo, apresentam aspectos físicos diferentes. Nesse olhar, a questão se enquadra na VP1, que questiona quais são os tipos de matéria que existem, relacionando-se com a identidade química.

Na segunda possibilidade de resposta, compreendemos que os aspectos diferentes apresentados pelas embalagens podem ser devido a mudanças no processo de fabricação ou ainda a reações ou deformações químicas que, neste caso, não se relacionam com a identidade química. Assim, pode-se pensar acerca do que ocasiona tais mudanças, o que determina o resultado final da mudança e o que a afeta; dessa forma, classificamos as variáveis de progresso 5, 6 e 8. Mais especificamente, a VP5 se relaciona com a causalidade, uma vez que questiona o que impulsiona as mudanças químicas. A VP6 se relaciona com a causalidade e mecanismo, uma vez que questiona o que determina o resultado das mudanças químicas e, por sua vez,

Quadro 2: Questões pré e pós presentes na atividade experimental.

Questões pré-experimento	Questões pós-experimento
1. Qual a questão principal do texto?	1. O que você observou?
2. Porque você acha que as embalagens apresentam aspectos físicos diferentes das embalagens utilizadas pela empresa em momentos anteriores?	2. Com base em suas observações, avalie o procedimento que você elaborou na questão pré-experimento número 3. Sua explicação para a questão 3 pré-experimento se mantém?
3. Você, sendo o químico encarregado de verificar a qualidade dessas embalagens, faria quais testes rápidos com as embalagens para verificar suas hipóteses levantadas na questão anterior?	3. Foi possível observar no experimento que os materiais se dividiram em dois grupos, um grupo formado pelos materiais que afundaram na água e o outro grupo dos que não afundaram. Quais características que os materiais de cada grupo apresentam em comum que possibilitou essa separação?
4. Que tipos de informações e dados seriam importantes que os testes realizados lhe fornecessem? Por quê?	4. O que aconteceria se fosse utilizado outro líquido no lugar da água na realização do experimento?
	5. Dispondo de uma solução de etanol com densidade igual a 0,9215 g/cm ³ , uma solução de NaCl com densidade de 1,15 g/cm ³ , óleo com densidade de 0,89 g/cm ³ , acetona com densidade de 0,80 g/cm ³ , água com densidade de 1,0 g/cm ³ e glicerina com densidade de 1,26 g/cm ³ , proponha uma separação para conseguir identificar todos os plásticos. Explique seu raciocínio.
	6. Retornando ao texto inicial e após realizar o experimento, porque você acha que as embalagens apresentam aspectos diferentes, mais “finos” e “moles”?

a VP8 se relaciona com o mecanismo e controle, uma vez que questiona o que afeta as mudanças químicas.

Dos oito estudantes participantes, um deles apresentou resposta na qual foi possível encontrar características da VP1, a saber:

Apresentam aspectos físicos diferentes devido às variedades de plásticos usados na confecção das embalagens. [A3]

O estudante A3 respondeu mencionando que os aspectos físicos diferentes das embalagens se devem aos tipos de plásticos utilizados na fabricação, identificando dessa forma que existe uma variedade de materiais com os quais as embalagens podem ser fabricadas.

Dois estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível identificar a VP5. Como exemplo, temos a resposta da estudante A1:

Talvez, essa nova embalagem utilize menos material e ele acabe ficando com um aspecto mais fino, não necessariamente perdendo a qualidade. [A1]

A estudante menciona como causa da embalagem estar mais fina o fato de ser composta por menos material, ou seja, a quantidade de material utilizado no processo de fabricação. Respostas nesse sentido foram classificadas na VP5, uma vez que expressam as causas relacionadas à alteração do aspecto da embalagem.

Outros dois estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível identificar a VP5 e a VP8. Como exemplo, temos a resposta do A6:

Talvez ocorreu uma mudança na produção destes polímeros, algum problema com o maquinário ou algo do tipo. [A6]

O estudante A6 atribuiu o fenômeno a uma possível mudança no processo de produção, de acordo com a segunda possibilidade de resposta esperada. Assim, além de buscar causas para essa mudança (VP5), o estudante atribuiu mais especificamente a fatores que podem interferir no processo de produção da embalagem, como quebra de maquinário, caracterizando a VP8.

O estudante A5 apresentou resposta que pode caracterizar a VP1, VP5 e VP6:

Podem ter ocorrido mudanças nas matérias-primas utilizadas no processo de fabricação ou alterações nos processos industriais. [A5]

Em sua resposta, o estudante A5 busca por possíveis causas para a mudança observada, caracterizando a VP5. Além de

buscar causas, o estudante atribui de forma mais específica que a mudança observada pode ser devida a uma mudança na matéria-prima utilizada durante a produção, caracterizando uma visão de identidade química (VP1). O estudante pondera também, de forma mais específica, que alterações no processo industrial podem ser a razão da mudança observada. Sob essa visão, o estudante demonstra compreender que o processo industrial pode interferir no resultado, ou seja, processos industriais diferentes resultam em um produto diferente, o que caracteriza a VP6.

Por fim, um dos estudantes apresentou em sua resposta a VP5, VP6 e VP8, a saber:

Os problemas podem estar relacionados à exposição a luz ultravioleta, diferente tratamento durante a reciclagem, modificação do processo de síntese polimérica, adição de outras substâncias no refrigerante que podem degradar o material. [A2]

O estudante A2 justifica as diferenças entre as embalagens por possíveis mudanças no processo de produção. Dessa forma, identificamos a VP5 nos momentos em que o estudante propõe possíveis causas para essas mudanças. De forma mais específica, o estudante atribui que tais mudanças podem ter ocorrido tanto no processo de síntese, ou seja, que a rota sintética pode gerar produtos diferentes (VP6), quanto relacionadas a fatores que podem interferir ao longo do processo de fabricação (VP8), como, por exemplo, a exposição à luz e reações com o refrigerante.

Percebemos que nenhum dos estudantes abordou, conjuntamente, as quatro variáveis (VP1, VP5, VP6 e VP8) em suas respostas; entretanto, todos os estudantes apresentaram respostas contendo pelo menos uma VP esperada, e 4 estudantes apresentaram respostas englobando duas ou mais VP, apresentando uma visão química ampla do problema.

A questão 3 convida o estudante a pensar em como investigar, na prática, as hipóteses levantadas na questão anterior. Dessa forma, podemos inferir que a questão permite ao estudante explorar a VP2, que questiona quais informações seriam relevantes para diferenciar os tipos de materiais.

Nas respostas dos oito estudantes, foi possível identificar a VP2, uma vez que eles propuseram quais testes fariam, de acordo com a hipótese anteriormente proposta. Como exemplo, tem-se a resposta da estudante A4:

Faria testes de tração, para verificar se a embalagem suporta bem o conteúdo contido dentro dela; testes de impacto, para verificar se a embalagem aguenta impactos que ocasionalmente venha a ter sem obstruir a embalagem e o conteúdo de dentro dela; testes de resistência a temperatura, para averiguar até qual temperatura essa embalagem suporta de forma segura para que não haja riscos ao consumidor final. [A4]

A estudante sugere uma diversidade de testes que avaliam características físicas do material, como testes de resistência a temperatura e testes de tração. Assim, essa resposta foi classificada como VP2.

Apenas dois estudantes consideraram, inicialmente, testar a densidade dos materiais que compõem as embalagens, como pode ser visto nos excertos a seguir:

*Eu mediria a densidade das embalagens. [A3]
Densidade, pressão e temperatura. As propriedades físico-químicas dos produtos são necessárias para saber a qualidade e a resistência do produto. [A8]*

A questão 4 possibilita que o estudante reflita sobre quais informações os testes experimentais devem fornecer para os ajudar a confirmar as hipóteses levantadas. Dessa forma, espera-se encontrar a VP2 nas respostas para essa questão.

Três estudantes apresentaram respostas condizentes com o teste experimental mencionado na questão anterior, sendo possível a identificação da VP2. Como exemplo, temos:

Seria importante eu conseguir o valor da densidade das embalagens que os clientes não gostaram e comparar com o valor da densidade das embalagens que os clientes gostaram, para que assim eu possa fazer uma embalagem próxima ou igual ao que os clientes gostam. [A3]

O estudante A3 menciona que, ao conhecer o valor da densidade do material da embalagem atual e compará-lo com a densidade das embalagens produzidas anteriormente, poderia alterar a produção produzindo uma embalagem próxima ou igual ao que os clientes gostaram. Nessa resposta, identificamos a VP2, uma vez que ele identifica qual a informação que o ajuda a diferenciar os materiais.

Com as questões pré-experimento desse roteiro experimental, esperávamos que os estudantes manifestassem seus conhecimentos prévios sobre a situação-problema proposta e apresentassem em suas respostas as seguintes variáveis de progresso: VP1, VP2, VP5, VP6 e VP8. Diante das análises realizadas, observamos que os estudantes apresentaram em suas respostas ao menos uma das variáveis de progresso esperada, indicando que eles conseguiram, a partir do modelo de atividade proposto, fazer uso do pensamento químico para explorar as questões apresentadas. No momento pré, percebemos que os estudantes, embora tenham mobilizado o pensamento químico, ainda não identificaram de forma explícita o conceito de densidade como a questão central da aula, como foi observado nas questões 1 e 2.

Momento pós-experimento

Após assistirem ao vídeo experimental, os estudantes deveriam responder a novas questões. A primeira delas solicitava

que os estudantes descrevessem o que haviam observado. Três estudantes descreveram o experimento, sem fazer menção a qualquer conceito químico, como no exemplo a seguir:

Que quando se adicionou 5 tipos diferentes de plástico em um béquer com água, 2 boiaram e 3 afundaram. [A1]

Entretanto, cinco estudantes responderam descrevendo o experimento e mencionando a densidade de cada material, como pode ser observado no exemplo a seguir.

Existem diferentes tipos de plásticos utilizados na produção de materiais, sendo que cada um deles tem diferente densidade, como pode ser observado pelo experimento. [A6]

O estudante A6 respondeu que diferentes tipos de plásticos podem ser usados na produção das embalagens, o que remete à ideia de identidade química (VP1). Além disso, o estudante mencionou que cada material apresenta uma densidade característica, relacionando a estrutura com propriedades, demonstrando compreender a densidade como uma propriedade intrínseca dos materiais, sendo assim classificado como VP2.

Na segunda questão, esperávamos que os estudantes refletissem sobre a atividade experimental e os testes que eles haviam proposto no momento pré e analisassem se a resposta fornecida estava ou não adequada, sendo necessária uma reformulação. A VP esperada para essa questão é a VP2, sendo identificada na resposta dos oito estudantes. Na sequência, apresentamos um exemplo de resposta:

Sim, mantém-se a resposta dada na atividade pré, pois, para identificar o problema seriam necessárias análises estruturais, composicional e ensaios de interações intermoleculares. [A2]

O estudante A2 mantém a resposta dada inicialmente, justificando que para identificar os “problemas na embalagem” seriam necessárias algumas análises, possibilitando a identificação do material que a compõem, o que indica a presença da VP2.

A estudante A4, por sua vez, mantém os testes indicados na resposta inicial e menciona que acrescentaria testes de densidade, provavelmente influenciada pelo vídeo experimental disponibilizado, como pode ser visto em sua resposta:

Sim, porém, adicionaria testes de densidades, para diferenciar diferentes tipos de polímeros. [A4]

A terceira questão versava acerca das propriedades dos materiais (VP3). A característica que os materiais de cada grupo têm em comum e que possibilitou a separação é a densidade. Sabendo que a água tem densidade igual 1 g/cm³, e

que ao colocar os plásticos na água houve a formação de dois grupos (os que afundam e os que flutuam), os materiais que flutuam na água apresentam densidade menor que a da água, e os que afundaram possuem a densidade maior que a da água. Analisando tais ideias, evidenciamos também a presença da VP2 quando se identifica a densidade como a característica que os materiais de cada grupo têm em comum, uma vez que essa variável possibilita a diferenciação dos materiais.

A questão também permite estabelecer quais interações acontecem no sistema, interações como a relação de afundar ou flutuar. Ao prever quais materiais afundam ou flutuam com base nos valores de densidade dos materiais e da água, evidenciamos a VP7, uma vez que essa variável aborda o mecanismo, estabelecendo as interações que acontecem no sistema.

Dois dos oito estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível evidenciar apenas a VP2. Como exemplo de resposta temos:

As características que os grupos têm semelhante é a densidade. [A3]

Essa variável se relaciona com a identidade química e a estrutura e propriedades dos materiais, levando o estudante a questionar qual informação ou fato observável permite diferenciar os materiais. Assim, evidenciamos que o estudante A3 identificou que os materiais de cada grupo apresentam a densidade como a característica comum que permite a separação entre os dois grupos.

Cinco dos oito estudantes apresentaram em suas respostas evidências das VP2 e VP7. Como exemplo, temos a resposta de A4:

A água pura tem densidade igual a 1 g/cm³, os materiais que flutuaram têm densidade menor de 1 g/cm³ e os materiais que afundaram tem densidade maior que 1 g/cm³. [A4]

A estudante A4 considerou que é a densidade que permite a diferenciação dos materiais, caracterizando a VP2. Ela ainda considerou o mecanismo, ao mencionar que os que afundam apresentam densidade maior que 1,0 g/cm³ e os que flutuam possuem densidade menor que esse valor, assim questionando quais padrões de interação são estabelecidos, o que justifica a VP7.

Por fim, um dos estudantes apresentou em sua resposta evidências das VP2 e VP3, a saber:

A densidade foi uma característica que permitiu com que dois plásticos afundaram e outros dois não afundaram. Estruturalmente os dois plásticos que submergiram, possivelmente apresentam redes poliméricas compactas, quando comparados aos que emergiram, não tendo muitos espaços estruturais.

Por outro lado, os que flutuaram, possivelmente apresentam uma rede polimérica espaçada, com vazios estruturais. [A2]

O estudante A2 identificou que é a densidade que permite alguns materiais afundarem e outros não, o que justifica a VP2. Entretanto, ao elaborar sua explicação, o estudante não relacionou o valor da densidade com o fato de o material flutuar ou afundar. A explicação do estudante aconteceu em nível estrutural, relacionando a densidade de determinado material ser maior ou menor com sua estrutura e redes poliméricas. Aqui, identificamos a VP3, que relaciona as propriedades dos tipos de matéria a sua estrutura, neste caso, as redes poliméricas serem compactas ou espaçadas.

Vale ressaltar que a VP3 não foi uma variável pensada *a priori*, quando estabelecemos a questão e a resposta esperada. Contudo, ao analisarmos as respostas dos estudantes às questões propostas encontramos indícios dessa variável. Nesse sentido, destacamos que as questões propostas também permitiram aos estudantes aprofundarem suas explicações, utilizando aspectos do pensamento químico para questionar relações entre a propriedade densidade e o nível estrutural.

A questão 4 permite ao estudante refletir se a mudança de líquido utilizado no processo de separação seria um fator que influenciaria no resultado final observado, caracterizando a VP6, que questiona o que determina o resultado das mudanças químicas. A questão elaborada permite também a reflexão sobre a estrutura e propriedades do líquido utilizado influenciarem na reatividade, caracterizando a VP4. Por fim, permite ainda que o estudante preveja os novos padrões de interação que se estabelecem, caracterizando a VP7.

Um estudante apresentou como resposta indícios da VP6, como exemplificado a seguir:

Poderia fazer que todos os plásticos afundassem ou flutuassem. [A3]

Esse estudante conseguiu prever que, substituindo a água por outro líquido, podem ocorrer alterações no resultado final observado, ou seja, dependendo do líquido utilizado no lugar da água, o comportamento dos plásticos poderia ser diverso, o que revela indícios da VP6.

A VP4 e a VP6 foram identificadas nas respostas de quatro estudantes, como nos seguintes exemplos:

A densidade desse outro líquido será diferente que a densidade da água, portanto os materiais terão comportamentos diferentes. Pode ser que se afunde mais polímeros ou que se flutuem mais. [A4]

A estudante A4 compreendeu que a densidade é uma propriedade intrínseca dos materiais, logo, líquidos diferentes têm propriedades diferentes, se enquadrando na VP4. Além disso,

a estudante também compreendeu que o líquido utilizado é um fator determinante para o resultado observado, portanto, identificamos indícios da VP6.

Um estudante forneceu resposta na qual foram identificadas as variáveis de progresso 6 e 7:

Poderia não ocorrer a separação como apresentado no vídeo, se o líquido possui densidade menor, comparado aos plásticos, todos os materiais iriam boiar. [A5]

Percebemos que o estudante A5 compreendeu que a mudança do líquido pode alterar o resultado final em relação ao apresentado no vídeo, caracterizando a presença da VP6. Além disso, o estudante estabeleceu uma relação de densidade com afundar ou flutuar, compreendendo o mecanismo, o que caracteriza a VP7.

Por fim, um dos estudantes apresentou resposta na qual podemos caracterizar a presença das VP 4, 6 e 7, a saber:

Caso as densidades dos plásticos que flutuaram fossem superiores ao do novo líquido, possivelmente tais polímeros iriam afundar. Contudo, se a densidade do líquido fosse superior ao dos plásticos que afundaram, os materiais poliméricos iriam flutuar. Portanto, dependeria da densidade do líquido e de cada plástico, para que ocorresse a submersão ou emersão. [A2]

Podemos observar que o estudante identificou a densidade como uma propriedade intrínseca dos materiais, uma vez que relatou que o novo líquido terá densidade diferente da água, caracterizando a VP4. Na fala “dependeria da densidade do líquido e de cada plástico, para que ocorresse a submersão ou emersão”, percebemos também que o estudante compreendeu que a alteração do líquido levará a um resultado final diferente, identificando a VP6. Além disso, o estudante demonstrou compreender os mecanismos de interação que serão estabelecidos, prevendo o que aconteceria caso a densidade do plástico fosse maior ou menor que a do novo líquido, caracterizando a VP7.

A questão 5 permite que o estudante identifique quais informações são cruciais para definir a separação dos materiais, caracterizando assim a presença da VP2, que questiona quais informações são usadas para diferenciar os tipos de matéria. Além disso, a questão ainda possibilita que o estudante preveja qual a interação de cada material com cada tipo de líquido e proponha um mecanismo para que se consiga separar e identificar cada tipo de plástico, caracterizando assim a VP7 que questiona quais padrões de interação são estabelecidos.

Dois estudantes apresentaram respostas nas quais foi caracterizada uma única variável, a VP7. Como exemplo, temos:

Pode-se utilizar o raciocínio de separação por etapas: Usando a glicerina apenas o PET flutuaria, podendo ser separado. Na solução de NaCl, apenas o PVC flutuará com a água e possível separar o PS dos restantes. O etanol separa PP, que flutua, do PEAD que afunda. [A7]

O estudante A7 estabeleceu um mecanismo de separação, prevendo possíveis interações que podem ocorrer entre os líquidos e os plásticos, atingindo o objetivo que seria conseguir separar e identificar todos os plásticos, o que caracteriza a VP7. No entanto, ao propor o mecanismo de separação, o estudante não explica o porquê de haver selecionado cada líquido ou o porquê de cada plástico afundar ou flutuar, ou seja, não apresenta qual informação lhe permitiu propor o mecanismo; por isso, não se evidencia a VP2.

Na resposta apresentada por seis estudantes evidenciou-se a presença da VP2 e VP7, como pode ser observado no exemplo a seguir:

Os materiais seriam separados de acordo com sua densidade.

Inicialmente os plásticos seriam misturados com água e feito a separação em dois grupos: PP; PEAD e PS; PVC; PET. Após os plásticos PP e PEAD seriam misturados em uma solução contendo etanol, espera-se que o PP boie e o PEAD afunde.

A mistura de PS, PVC e PET seria colocada em uma solução de NaCl, o PS iria boiar e os outros dois iriam afundar. Então o PVC e PET seriam jogados em uma mistura de glicerina e o PVC boiaria e o PET afundaria. [A5]

O estudante A5 deixa claro que foi a densidade que o levou a propor esse processo de separação para identificar cada material, o que caracteriza a VP2. Além disso, com base nos valores de densidade fornecidos, o estudante conseguiu prever as interações que podem ocorrer no sistema para assim propor um processo de separação, o que caracteriza a VP7.

A questão 6 retoma a questão 2 do momento pré, porém de forma mais direcionada, uma vez que o estudante já assistiu ao vídeo experimental e pôde passar por diversos questionamentos que lhe permitiram refletir a respeito da problemática inicial. Assim, a questão permite ao estudante considerar tudo o que foi discutido durante a aula e reformular suas hipóteses iniciais, caso seja necessário. No momento pré, o estudante deveria considerar todas as possíveis causas da mudança nas embalagens, considerando que poderia ter sido fabricada com outros materiais, as propriedades desses materiais, que poderiam ter ocorrido mudanças no processo de síntese, entre outros fatores. Agora, de forma mais direcionada, espera-se que o estudante consiga relacionar o conteúdo densidade com o problema inicial, considerando a existência de diferentes tipos de plásticos

que apresentam propriedades diferentes, como a densidade. Assim, levando em consideração a possível resposta, espera-se identificar indícios das VP1 e VP2.

O estudante A7 apresentou resposta na qual foi identificada a presença apenas da variável de progresso VP1:

As embalagens podem ter sido produzidas com tipos de polímeros diferentes dos utilizados anteriormente na produção. [A7]

Ao fim da atividade, o estudante A7 conseguiu estabelecer que as características diferentes observadas nas embalagens podem estar relacionadas ao fato de que tais embalagens podem ter sido fabricadas com diferentes materiais, caracterizando a VP1, que trata da identidade química.

O estudante A3 apresentou resposta na qual foi possível identificar apenas a variável VP2:

Esses aspectos são definidos devido à densidade que aquela embalagem tem, no caso quanto maior a densidade da embalagem mais robusta ela será e vice-versa também. [A3]

O estudante relacionou em sua resposta a propriedade densidade com características de sua estrutura e identidade química, sendo a densidade o que permite diferenciar as embalagens, caracterizando a VP2.

Nas respostas de três estudantes foi identificada a presença da VP1 e VP2, como pode ser visto no exemplo a seguir:

As embalagens provavelmente foram feitas com plásticos diferentes, pelo experimento é possível perceber que cada plástico possui uma faixa de densidade e isso pode interferir em suas propriedades físicas (ser mais finos ou moles). [A5]

O estudante A5 considerou que durante a produção das embalagens podem ter sido usados diferentes tipos de materiais, o que caracteriza a VP1. O estudante ainda menciona que cada plástico possui uma densidade, compreendendo essa propriedade como intrínseca de cada material, relacionando a identidade química com as propriedades dos materiais, caracterizando a VP2.

O estudante A2 apresentou resposta na qual foi identificada a presença da VP1 e da VP5:

Como mencionado na atividade anterior, diversos fatores como luz, composição do plástico e a substância que ele armazena podem ter deixado com o aspecto mais mole e fino. [A2]

Como se pode ver, o estudante A2 apresentou diversos fatores que podem ter afetado as embalagens e ocasionado as mudanças nos aspectos físicos, como exposição à luz e a

substância que é armazenada, caracterizando a VP5. O estudante ainda mencionou, de modo mais específico, que um desses motivos pode ser a composição do plástico, o que caracteriza a VP1, remetendo a identidade química.

A estudante A8 apresentou resposta na qual foi possível identificar duas variáveis de progresso, VP2 e VP11:

Cada plástico apresenta uma utilização e uma comercialização diferente. No caso, a indústria optou por um plástico de baixa densidade, por isso apresenta um aspecto de uma embalagem fina e mole. [A8]

A estudante aparenta compreender que os plásticos apresentam diferentes densidades, relacionando estrutura e propriedade, e caracterizando a VP2. A estudante ainda apresentou a ideia de que cada tipo de material proporciona uma utilização e comercialização diferentes, relacionando a estrutura com aspectos econômicos, o que caracteriza a VP11.

Por fim, uma das estudantes apresentou resposta na qual foi possível identificar três variáveis, VP1, VP5 e VP11, como pode ser visto a seguir:

Ou por diminuição do material utilizado, ou por uma troca de material. No entanto embalagens mais finas e moles não necessariamente significam embalagens ruins, por exemplo, o caso da diminuição de material, pode ter um fator econômico e ambiental envolvido. Econômico, pois, diminuí o capital aplicado, e ambiental pois, embalagens mais finas são mais facilmente degradadas. Mas é bom lembrar que há também processos de reciclagem para polímeros que seria o mais adequado para esse tipo de embalagem. [A4]

A estudante A4 apresentou a ideia de que a diminuição na quantidade de material utilizado durante a fabricação pode impulsionar as mudanças físicas observadas, o que caracteriza a VP5, que questiona quais fatores podem afetar as mudanças químicas. Porém, de forma mais específica, ela considerou a existência de diferentes tipos de plásticos (VP1) ao mencionar a troca de materiais utilizados na fabricação. Além disso, a estudante apresentou a compreensão de que o problema também se relaciona com questões econômicas e ambientais, relacionando, por exemplo, o fato de a embalagem ser fina com a sua degradação, o que caracteriza a VP11.

As variáveis VP11 e VP5 não foram previstas entre as respostas esperadas, mas apareceram nas respostas de três estudantes. Isso evidencia que a questão proposta também permitiu aos estudantes aprofundarem suas explicações e hipóteses, utilizando aspectos do pensamento químico para estabelecer causas para as mudanças químicas e relações entre benefícios, custos e riscos da utilização de diferentes materiais.

Percebemos que a VP1 ou a VP2 apareceram nas respostas de todos os estudantes, destacando sua compreensão da identidade química e densidade como responsáveis pelo fenômeno em estudo. Além disso, aparecem nas respostas dos estudantes duas VP que não foram previstas, evidenciando que, após a experimentação, o estudante conseguiu explorar seu pensamento químico de forma mais ampla para propor hipóteses para a situação investigada.

O Quadro 3 apresenta de forma resumida as VP esperadas e obtidas para cada questão.

Quadro 3: Variáveis de Progresso esperadas e obtidas nos momentos pré e pós.

Questão	VP Esperada	VP Obtida
Momento pré-experimento		
1	-	-
2	VP1; VP5; VP6; VP8	VP1 (1)* VP5(2) VP5; VP8 (2) VP1; VP5; VP6 (1) VP5; VP6; VP8(1)
3	VP2	VP2(8)
4	VP2	VP2(3)
Momento pós-experimento		
1	-	VP1; VP2(5)
2	VP2	VP2(8)
3	VP3; VP7	VP2(2) VP2; VP7(5) VP2; VP3(1)
4	VP4; VP6; VP7	VP6(1) VP4; VP6(4) VP6; VP7(1) VP4; VP6; VP7(1)
5	VP2; VP7	VP7 (2) VP2; VP7(6)
6	VP1; VP2	VP1 (1) VP2(1) VP1; VP2(3) VP1; VP5(1) VP2; VP11(1) VP1; VP5; VP11(1)

* Os números entre parênteses expressam a quantidade de respostas que evidenciam a respectiva variável de progresso.

A partir da análise do Quadro 3 e das respostas fornecidas pelos estudantes, podemos tecer algumas considerações a respeito da atividade proposta. Evidenciamos, na literatura apresentada sobre a ideia de pensamento químico, que os autores entendem conhecimento químico de modo diferente do qual entendem o pensamento químico. Segundo tais autores, quando o conhecimento químico é utilizado para desenvolver funções como elaborar hipóteses e solucionar problemas, estamos desenvolvendo e fazendo uso do pensamento químico. No decorrer da atividade, foi possível evidenciar que, ao responder as questões propostas, os estudantes empregaram

os conhecimentos químicos para elaborar e desenvolver seu pensamento químico (Banks *et al.*, 2015; Sjöström e Talanquer, 2018; Sevia e Talanquer, 2014; Volkova, 2019). Tomemos como exemplo a resposta do estudante A5 para a questão 6 do momento pós-experimento:

As embalagens provavelmente foram feitas com plásticos diferentes, pelo experimento é possível perceber que cada plástico possui uma faixa de densidade e isso pode interferir em suas propriedades físicas (ser mais finos ou moles). [A5]

É perceptível que o estudante faz uso do conhecimento químico sobre os materiais e suas propriedades para interpretar e propor uma hipótese. Ao mobilizar esse conhecimento com essa finalidade, podemos compreender, na perspectiva dos autores supracitados, que ocorreu o pensamento químico.

Pelo menos uma das VP esperadas encontra-se nas respostas de todos os estudantes no momento pós, indicando que as questões apresentam potencial de ajudar o estudante a explorar o seu pensamento químico. Para duas questões do momento pós, apareceram, nas respostas dos estudantes, VP diferentes além das previstas, indicando que a atividade também permitiu que os estudantes explorassem de forma mais ampla o seu pensamento químico, refletindo sobre o fenômeno a partir de diferentes perspectivas apoiados em seus conhecimentos científicos. Como pode ser observado, nem todas as questões apresentaram respostas dos oito estudantes, pois alguns deles apresentaram respostas que não eram condizentes com a questão. Isso nos indica pontos que podem ser aprimorados em atividades futuras, a fim de melhorar a compreensão dos estudantes acerca da situação-problema investigada. Tomemos como exemplo a questão 4 do momento pré-experimento, na qual era solicitado que o estudante identificasse quais dados e informações seriam necessários que os testes sugeridos na questão 3 lhes fornecessem. Para essa questão, cinco estudantes apresentaram respostas que não condiziam com a questão, como pode ser observado a seguir:

Com esses testes e seus resultados espero conseguir concluir se a garrafa perdeu ou não qualidade. Pois, o seu possível afinamento pode não ser um problema, desde que ela, quando cheia, armazene o líquido sem qualquer risco de vazamentos. [A1]

Podemos observar que, em sua resposta, a aluna A1 não apresenta os dados que seriam importantes de serem obtidos a partir dos experimentos sugeridos na questão 3. Como vários alunos apresentaram respostas confusas a essa questão, isso nos chamou atenção quanto à maneira como formulamos a questão e à necessidade de reformulá-la em atividades futuras.

Para a questão 2 do momento pré-experimento identificamos que apenas dois estudantes apresentaram respostas nas

quais foi possível identificar a VP1, ou seja, atribuíram as diferenças das embalagens ao uso de diferentes matérias primas. Somado a isso, nenhum estudante apresentou a propriedade que permitiria identificar esses diferentes materiais e ocasionar as propriedades físicas diferentes, nesse caso, a densidade. Contudo, no momento pós-experimento percebemos que sete estudantes apresentaram respostas nas quais foi possível identificar a VP1, mostrando compreender que o uso de diferentes materiais pode gerar as mudanças físicas, e cinco estudantes responderam que a densidade pode ser a propriedade responsável pelas mudanças. Logo, a atividade experimental e as questões elaboradas permitiram que os licenciandos, refletindo acerca do fenômeno e explorando o seu pensamento químico, ampliassem sua visão acerca do fenômeno, e compreendessem a densidade como uma propriedade intrínseca que pode ocasionar mudanças físicas em produtos finais.

Banks e colaboradores (2015) evidenciam a partir de sua pesquisa que os alunos avaliam e julgam os fenômenos a partir de suposições intuitivas. Em nosso trabalho, também podemos evidenciar que no momento pré-experimento os estudantes associaram a situação problema com a química formulando suas hipóteses de forma mais generalista e intuitiva. Banks e colaboradores (2015) também argumentam que as suposições intuitivas dos estudantes devem ser elucidadas e discutidas nas salas de aula, e que eles devem ter a oportunidade de testar modelos com base em suas suposições e comparar com outros modelos que estejam mais alinhados ao pensamento químico moderno.

Assim, após sugerir suas hipóteses e formas de testá-las, os alunos tiveram a oportunidade de comparar com as ideias expressas no vídeo experimental e, a partir de suas observações, refletir e elaborar novas conclusões sobre o fenômeno em questão que, nesse momento, se apresentam de forma menos intuitiva e mais alinhadas com o pensamento químico (Banks *et al.*, 2015).

Souza e colaboradores (2013) afirmam que, para uma atividade experimental resultar na construção de conhecimento, ela deve permitir que o estudante tenha uma participação intelectualmente ativa e espaço para refletir acerca dos fenômenos e formular hipóteses, estabelecendo relações entre o que foi observado e explicações científicas (Souza *et al.*, 2013). Dessa forma, podemos concluir que, ao fazer uso de vídeos experimentais associados a questões pré e pós experimento, torna-se possível propiciar a participação intelectual dos estudantes, resultando no desenvolvimento do pensamento químico.

Santos e colaboradores (2020), Gomes e colaboradores (2020), Sousa e Valério (2021) e Silva e colaboradores (2020) consideram que a falta de recursos tecnológicos apropriados ou familiaridade com algumas plataformas podem ser obstáculos para os alunos realizarem as atividades experimentais no meio remoto. Mais especificamente, Santos e colaboradores (2020) observaram, em seu estudo, que houve certa resistência por parte dos alunos em utilizar mais uma plataforma diferente para fazer uso dos laboratórios virtuais.

Assim, destacamos que a atividade proposta neste estudo pode minimizar tais dificuldades, uma vez que permite que o aluno assista à atividade experimental a partir de um vídeo fornecido para ele via *Google Classroom*, mesma plataforma em que ele participa das discussões referentes à disciplina, sem a necessidade de desenvolver familiaridade com outra plataforma ou preocupação com a compatibilidade de equipamentos. Outro ponto a ser destacado é que o vídeo fornecido para os alunos foi editado, ficando com curta duração e com arquivo de formato pequeno, o que facilita seu *download* e visualização recorrente. Além disso, após baixado, a atividade pode ser realizada *offline*.

Considerações finais

Neste estudo buscamos respostas ao seguinte questionamento: como propor aulas experimentais remotamente, priorizando o caráter investigativo e que permitam aos estudantes fazer uso do pensamento químico? Para tanto, elaboramos e desenvolvemos atividades experimentais investigativas, de forma remota, para estudantes de um curso de licenciatura em química, e avaliamos o uso do pensamento químico pelos licenciandos nessas aulas.

A partir de leituras e interpretações da literatura disponível, compreendemos pensamento químico como o uso do conhecimento químico e da linguagem química na interpretação de fenômenos e tomada de decisões em diferentes contextos do mundo real, articulando fatores sociais, econômicos e ambientais. Ao elaborar a atividade experimental, visamos abranger 8 das 11 variáveis de progresso, com o objetivo de que os licenciandos transitassem por elas e assim ampliassem o uso do pensamento químico. Evidenciamos 9 VP nas respostas dos estudantes e, dessa forma, podemos inferir que as atividades elaboradas foram eficazes para permitir o uso do pensamento químico. A utilização da abordagem heurística da escrita científica instigou os alunos a fazerem uso da linguagem química para escrever sobre determinado fenômeno de maneira contextualizada, permitindo dessa forma o desenvolvimento do pensamento químico.

Corroborando ainda para o indicativo de que a atividade proposta foi eficaz para a aprendizagem, percebemos que pelo menos uma das VP esperadas foi encontrada nas respostas de todos os estudantes. Além disso, o roteiro elaborado permitiu com que os estudantes expandissem seu pensamento químico, uma vez que, para duas questões do momento pós, aparecem nas respostas dos estudantes VP além das previstas, indicando que a atividade e as questões permitiram com que o estudante explorasse de forma mais ampla o seu pensamento. A atividade experimental e as questões elaboradas guiaram os estudantes a utilizarem o pensamento químico para relacionar o conceito de densidade à questão problema, uma vez que, comparando a questão 2 do momento pré e a questão 6 do momento pós, fica evidente que a ideia de densidade se torna mais presente,

justificando as diferenças das embalagens. Além disso, os estudantes demonstraram compreender a densidade como uma propriedade intrínseca e que interfere nas propriedades físicas dos materiais.

A proposta é uma alternativa eficaz para se desenvolver atividades experimentais, seja no ensino remoto ou em escolas que não apresentam a infraestrutura do laboratório, apresentando potencial para permitir o uso e o desenvolvimento do pensamento químico e promover o ensino investigativo e contextualizado.

Acreditamos que, para desenvolver o pensamento químico nos estudantes da Educação Básica, é importante que esse tema seja discutido e vivenciado na formação inicial e continuada de professores.

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, F. G.; ARRIGO, V. e BROIETTI, F. C. D. Relatos de pós-graduandos em Ensino de Ciências e Educação Matemática a respeito de aspectos da formação em tempos de pandemia. *Revista Docência do Ensino Superior*, v. 10, p. 1-21, 2020.
- BANKS, G.; CLINCHOT, M.; CULLIPHER, S.; HUIE, R.; LAMBERTZ, J.; LEWIS, R.; NGAI, C.; SEVIAN, H.; SZTEINBERG, G.; TALANQUER, V. e WEINRICH, M. Uncovering Chemical Thinking in Students' Decision Making: A Fuel-Choice Scenario. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 10, p. 1610-1618, 2015.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BRASIL - Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio*. Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf, acesso jul. 2020.
- BRASIL - Ministério da Saúde. *Como se proteger?* Brasília, 2020. Disponível em <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/como-se-proteger>, acesso jul. 2020.
- BRASIL - Ministério da Educação. Portaria nº 343, de 17 de março de 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus - COVID-19. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2020. Disponível em <http://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-343-de-17-de-marco-de-2020-248564376>, acesso jul. 2020.
- BROIETTI, F. C. D.; FERRACIN T. P. e ARRIGO, V. Explorando o conceito “densidade” com estudantes do ensino fundamental. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2018.
- BURKE, K. A.; GREENBOWE, T. J. e HAND, B. M. Implementing the Science Writing Heuristic in the Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 7, p. 1032-1038, 2006.
- CANTONI, J.; ROCHEMBACH, E. S.; CHIAPINOTO, M. L. e LAUXEN, A. A. Estágio curricular supervisionado: perspectivas e desafios de constituir-se educador em tempos de pandemia. *Revista Insignare Scientia*, v. 4, n. 3, p. 369-385, 2021.
- CAMILLO, C. M. e GRAFFUNDER, K. G. Mapeamento das contribuições de atividades experimentais no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 14, n. 2, p. 215-230, 2021.
- FIORI, R. e GOI, M. E. J. O Ensino de Química na plataforma digital em tempos de Coronavírus. *Revista Thema, Edição Especial Covid-19*, v. 18, p. 218-242, 2020.
- FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. e OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, 101-106, 2010.
- REGUEIRO, E. M. G.; VASCONCELOS, E. C. L. M.; GONÇALVES, A. C.; FIGUEIREDO, M. M. L.; VASCONCELOS, E. E. e BELLUZZO, S. S. Ensino mediado por tecnologias no curso de Fisioterapia do Centro Universitário Barão de Mauá durante o período de pandemia da COVID-19. *Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação*, v. 1, n. 1, p. 107-119, 2020.
- GOMES, A. L.; BILESSIMO, S. M. e SILVA, J. B. Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 15, n. 1, 499-519, 2020.
- IMBERTI, G. A.; PEREIRA, S. S.; DE PAULA, R. G.; GONÇALVES, E. C. e COITINHO, J. B. Ensino remoto emergencial durante a pandemia na perspectiva freiriana. *Olhares & Trilhas*, v. 23, n. 2, p. 555-579, 2021.
- KLAIBER, M. A. *Introdução à álgebra linear em um curso de licenciatura em química: o desenvolvimento do pensamento matemático avançado por meio de uma experiência de ensino*. 2019. 329f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.
- 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. XV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XV ENEQ), 21 a 24 de julho de 2010. *Anais [...]*. Brasília: 2010.
- OMS. Organização Mundial da Saúde. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>, acesso ago. 2020.
- SANTOS, C.; FREITAS, P. S. e LOPES, M. M. Ensino remoto e a utilização de laboratórios virtuais na área de ciências naturais. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 12, n. 1, p. 20, 2020.
- SANTOS, L. R. e MENEZES, J. A. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.
- SCHNETZLER, R. P. e 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.
- SEVIAN, H. e TALANQUER, V. Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 15, n. 1, p. 10-23, 2014.

- SILVA, J. A. O.; RANGEL, D. A. e SOUZA, I. A. Docência superior e ensino remoto: relatos de experiências numa instituição de ensino superior privada. *Revista Docência do Ensino Superior*, v. 10, p. 1-19, 2020.
- SILVA, I. C. S. e SILVA, R. M. S. Simulador de Volumetria - Uma Ferramenta para Auxiliar o Ensino Remoto de Conceitos de Titulação. In: WORKSHOPS DO IX CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 9, 24 a 28 de novembro de 2020. *Anais [...]*. Porto Alegre: 2020.
- SILVA, F. N.; SILVA, R. A.; RENATO, G. A. e SUART, R. C. Concepções de professores dos cursos de química sobre as atividades experimentais e o ensino remoto emergencial. *Revista Docência do Ensino Superior*, v. 10, p. 1-21, 2020.
- SJÖSTRÖM, J. e TALANQUER, V. Eco-reflexive chemical thinking and action. Current Opinion. In: *Green and Sustainable Chemistry*, v. 13, p. 16-20, 2018.
- SOUSA, L. G. e VALÉRIO, R. B. R. Química experimental no ensino remoto em tempos de Covid-19. *Ensino Em Perspectivas*, v. 2, n. 4, p. 1-10, 2021.
- SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R. e CARMO, M. P. Atividades experimentais investigativas no ensino de química. *GEPEQ. Grupo de Pesquisa em Educação Química*. São Paulo: Secretaria da Educação, 2013.
- SUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4022>, acesso set. 2022.
- TALANQUER, V. Assessing for Chemical Thinking. In: Schultz, M.; Schmid, S.; Lawrie, G. (eds.) *Research and Practice in Chemistry Education: Advances from the 25th IUPAC International Conference on Chemistry Education* (p. 123-133). Singapore: Springer, 2019.
- TALANQUER, V. School chemistry: the need for transgression. *Science & Education*, v. 22, p. 1757-1773, 2013.
- TALANQUER, V. e POLLARD, J. Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 11, n. 2, p. 74-83, 2010.
- VOLKOVA, E. V. Evaluation and chemical thinking development. In: *10th ICEEPSY 2019 - International Conference on Education and Education Psychology*, 9 a 12 de outubro de 2019. Barcelona, 2019.
- WENZEL, J. S. A leitura de textos de divulgação científica na constituição de professores de química. *Interfaces da Educação*, v. 9, n. 27, p. 232-252, 2018.
- ZANON, D. A. V. e FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. *Ciências & Cognição* (Rio de Janeiro), v. 10, p. 93-103, 2007. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/maomassa/doc/m317150.pdf>, acesso jun. 2021.