

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NOS CONCEITOS DE ÁCIDOS, BASES E ÓXIDOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Felipe Alves Silveira ¹, Ana Karine Portela Vasconcelos ² e Albino Oliveira Nunes ³

felipesilveiraquimica@gmail.com, karine_portela@hotmail.com, albino.ifrn@gmail.com

¹IFCE, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, avenida 13 de maio, 2081, Benfica, Fortaleza - CE, Brasil.

²IFCE, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Paracuru, rua 10, Paracuru, s/n, Fortaleza - CE, Brasil.

³IFRN, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Mossoró, rua Raimundo Firmino de Oliveira, 400, Mossoró - RN, Brasil.

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo investigar a presença de obstáculos epistemológicos que dificultam a compreensão do saber científico, configurando-se como entraves que cristalizam o pensamento e limitam o progresso na aprendizagem científica. Para abordar essas dificuldades, foi desenvolvida uma sequência didática centrada nos conceitos de ácidos, bases e óxidos, fundamentados nos estudos do químico sueco Svante Arrhenius, com o tema gerador Chuva Ácida e enfoque na experimentação. O trabalho utiliza como referencial teórico os pressupostos epistemológicos de Gaston Bachelard e Jean-Pierre Astolfi, com base em uma pesquisa qualitativa de estudo de caso realizada com estudantes da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. O Ensino de Química deve promover o desenvolvimento da criticidade, reflexão e tomada de decisões no contexto social, incentivando os estudantes a expressarem suas ideias alinhadas ao saber científico. Os dados obtidos identificaram a presença de quatro obstáculos epistemológicos principais: experiência primeira, generalização, animista e substancialista. As aulas teóricas, interligadas à experimentação e às atividades investigativas, demonstraram ser eficazes na ressignificação de conceitos e na minimização dos entraves identificados, contribuindo para um ensino dinâmico e reflexivo. Os resultados indicam que as práticas pedagógicas fundamentadas em métodos investigativos e baseadas no protagonismo estudantil são ferramentas poderosas para superar modelos tradicionais de ensino e promover a compreensão científica. Além disso, a sequência didática proposta mostrou-se uma alternativa didática eficaz, que pode ser utilizada por outros professores como recurso para o ensino de conceitos científicos no âmbito escolar, reforçando a relevância de metodologias que integrem teoria, prática e reflexão crítica.

Palavras-chave: Gaston Bachelard, Obstáculos epistemológicos, Ensino de Química.

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EN LOS CONCEPTOS DE ÁCIDOS, BASES Y ÓXIDOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo investigar la presencia de obstáculos epistemológicos que dificultan la comprensión del conocimiento científico, constituyendo barreras que cristalizan el pensamiento y limitan el progreso en el aprendizaje científico. Para abordar estas dificultades, se desarrolló una secuencia didáctica centrada en los conceptos de ácidos, bases y óxidos, fundamentada en los estudios del químico sueco Svante Arrhenius, utilizando el tema generador Lluvia Ácida y con énfasis en la experimentación. El marco teórico se basa en los presupuestos epistemológicos de Gaston Bachelard y Jean-Pierre Astolfi, en una investigación cualitativa de

estudio de caso realizada con estudiantes del primer año de la educación secundaria de una escuela pública en Fortaleza, Ceará, Brasil. La enseñanza de la química debe promover el desarrollo del pensamiento crítico, la reflexión y la toma de decisiones en el contexto social, incentivando a los estudiantes a expresar sus ideas alineadas con el conocimiento científico. Los datos obtenidos identificaron la presencia de cuatro obstáculos epistemológicos principales: primera experiencia, generalización, animista y sustancialista. Las clases teóricas, integradas con la experimentación y las actividades investigativas, demostraron ser efectivas en la resignificación de conceptos y la minimización de las barreras identificadas, contribuyendo a un enfoque de enseñanza dinámico y reflexivo. Los resultados indican que las prácticas pedagógicas basadas en métodos investigativos y en el protagonismo estudiantil son herramientas poderosas para superar los modelos tradicionales de enseñanza y fomentar la comprensión científica. Además, la secuencia didáctica propuesta se mostró como una alternativa eficaz que puede ser adoptada por otros profesores como un recurso para la enseñanza de conceptos científicos en las escuelas, reforzando la relevancia de metodologías que integren teoría, práctica y reflexión crítica.

Palabras clave: Gaston Bachelard, Obstáculos Epistemológicos, Enseñanza de la Química.

IDENTIFYING AND ANALYSIS EPISTEMOLOGICAL OBSTACLES IN THE CONCEPTS OF ACIDS, BASES AND OXIDES IN CHEMISTRY TEACHING

Abstract

This research aims to investigate the presence of epistemological obstacles that hinder the understanding of scientific knowledge, constituting barriers that crystallize thought and limit progress in scientific learning. To address these difficulties, a didactic sequence was developed focusing on the concepts of acids, bases, and oxides, based on the studies of the Swedish chemist Svante Arrhenius, using the Acid Rain theme as a generator and emphasizing experimentation. The theoretical framework relies on the epistemological principles of Gaston Bachelard and Jean-Pierre Astolfi, underpinned by a qualitative case study conducted with first-year high school students from a public school in Fortaleza, Ceará, Brazil. Chemistry teaching must foster critical thinking, reflection, and decision-making in a social context, encouraging students to express their ideas aligned with scientific knowledge. The data identified four main epistemological obstacles: first experience, generalization, animistic, and substantialist. The theoretical lessons, integrated with experimentation and investigative activities, proved effective in reshaping concepts and minimizing the identified barriers, contributing to a dynamic and reflective teaching approach. The results indicate that pedagogical practices grounded in investigative methods and student protagonism are powerful tools to overcome traditional teaching models and enhance scientific understanding. Furthermore, the proposed didactic sequence proved to be an effective alternative, which can be adopted by other teachers as a resource for teaching scientific concepts in schools, emphasizing the importance of methodologies that integrate theory, practice, and critical reflection.

Keywords: Gaston Bachelard, Epistemological Obstacles, Chemistry Teaching.

IDENTIFICATION ET ANALYSE DES OBSTACLES ÉPISTÉMOLOGIQUES DANS LES CONCEPTS D'ACIDES, DE BASES ET OXYDES DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE

Résumé

Cette recherche a pour objectif d'investiguer la présence d'obstacles épistémologiques qui entravent la compréhension des savoirs scientifiques, constituant des barrières qui cristallisent la pensée et limitent le progrès de l'apprentissage scientifique. Pour aborder ces difficultés, une séquence didactique a été développée, centrée sur les concepts des acides, bases et oxydes, fondée sur les études du chimiste suédois Svante Arrhenius, en utilisant le thème générateur Pluies Acides et en mettant l'accent sur l'expérimentation. Le cadre théorique repose sur les principes épistémologiques de Gaston Bachelard et Jean-Pierre Astolfi, dans le cadre d'une recherche qualitative basée sur une étude de cas menée avec des élèves de première année du lycée dans une école publique de Fortaleza, Ceará, Brésil. L'enseignement de la chimie doit favoriser le développement de la pensée critique, de la réflexion et de la prise de décision dans un contexte social, en encourageant les élèves à exprimer leurs idées en adéquation avec les savoirs scientifiques. Les données obtenues ont permis d'identifier quatre principaux obstacles épistémologiques : première expérience, généralisation, animiste et substantialiste. Les cours théoriques, intégrés à l'expérimentation et aux

activités d'investigation, se sont révélés efficaces pour la redéfinition des concepts et la minimisation des obstacles identifiés, contribuant à une approche pédagogique dynamique et réflexive. Les résultats indiquent que les pratiques pédagogiques fondées sur des méthodes d'investigation et sur le rôle actif des élèves sont des outils puissants pour dépasser les modèles traditionnels d'enseignement et renforcer la compréhension scientifique. En outre, la séquence didactique proposée s'est avérée être une alternative efficace, pouvant être adoptée par d'autres enseignants comme ressource pour l'enseignement des concepts scientifiques dans les écoles, soulignant l'importance de méthodologies qui intègrent théorie, pratique et réflexion critique.

Mots clés: Gaston Bachelard, Obstacles épistémologiques, enseignement de la chimie.

1. INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência que transcende os limites dos laboratórios e da produção industrial, estando profundamente enraizada na rotina humana em diversas manifestações. Seja no preparo de alimentos, no uso de cascas de ovos e frutas como fertilizantes ou na ignição de um fósforo, sua essência é desvelar os mistérios da matéria, suas transformações e as energias envolvidas nesses processos (Brown et al., 2005). No entanto, o ensino dessa disciplina enfrenta desafios significativos, especialmente relacionados à maneira como os conteúdos são apresentados, frequentemente de forma descontextualizada e pouco atrativa ao estudante.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), o ensino de Química deve capacitar os estudantes a analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos para promover soluções que minimizem impactos socioambientais e promovam uma sociedade mais consciente. Apesar dessa diretriz, é comum que os alunos percebam a Química como uma disciplina distante, limitada à memorização de conceitos e à realização de experimentos desconexos, contribuído para a falta de significado e interesse na aprendizagem (Leão et al., 2020; Medeiros et al., 2016; Silva, 2019). Tais aspectos estão interligados ao modelo tradicional de ensino, que coloca o estudante como receptor passivo e o professor como a fonte do conhecimento dentro do processo de ensino e aprendizagem, em que há ênfase na instrução formal.

O professor já traz todo o conteúdo pronto, predefinido, que constitui o próprio fim da existência escolar no qual o estudante é um mero ouvinte. Conforme Hodson (1988) essa abordagem assume que o conhecimento científico é absoluto, logo não há a necessidade de existir uma problematização para a apreensão do conteúdo. Os conhecimentos prévios dos estudantes não são levados em consideração e o professor é apontado como o único detentor do saber. O estudante limita-se à ouvi-lo, sem criticidade e tampouco dialogicidade.

Faz-se necessária a elaboração de atividades que visem a construção do saber científico, considerando o estudo da Química como possibilidade para o desenvolvimento de uma visão crítica do mundo e de condições para solucionar diversos problemas do dia a dia, e, para tal, o estudante não deve ser tratado como um trivial ser que retém os saberes completamente prontos (Bachelard, 1971; Leão et al., 2020; Moreira, 2011; Silva e Ferri; 2020).

A construção do saber científico pode basear-se em observações diárias, situando o sujeito cognoscente no

confronto de aspectos vivenciados em sua realidade, rompendo com conhecimento axiomático (Lôbo, 2008). Bachelard (1971) assevera que é importante validar as percepções do sujeito em detrimento da literatura, ressaltando o cuidado com a utilização de recursos didáticos com atrativos visuais ou analogias, pois estes podem deixar lacunas no entendimento. Ou seja, os estudantes podem apenas ficar encantados ou ter um olhar cartesiano sobre o produto utilizado.

Gaston Bachelard (1884-1962), filósofo francês, alerta sobre o uso inapropriado de analogias e metáforas no ensino de Ciências e introduz a noção de obstáculo epistemológico como um entrave na aprendizagem e na formação do conhecimento científico. Em sua obra, intitulada “A formação do espírito científico” (em francês, *La formation de L'esprit scientifique*), contempla uma discussão sobre a temática, tanto do ponto de vista filosófico quanto científico.

Esse tipo de subterfúgio pedagógico deve ser evitados e/ou identificado, pois pode gerar discussões inverídicas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem, o que culmina na construção destes obstáculos. Segundo Trindade et al. (2019) a superação desses obstáculos é primordial para que haja a evolução do espírito científico, e isto deve começar a partir de aulas com discussões científicas apropriadas, visando a construção adequada do conhecimento.

Novas práticas de ensino podem ser adotadas no âmbito escolar para diversificar as aulas, no intuito de desconstruir esses obstáculos. Uma dessas práticas é o uso da experimentação, que promove o estudante enquanto sujeito ativo, protagonista na construção do seu conhecimento. Isto pode ser evidenciado, por exemplo, no trabalho do Silva Júnior e Pires (2019).

No âmbito do ensino de Química, o estudo das funções inorgânicas ácidos, bases e óxidos se destaca como uma oportunidade para abordar temas transversais de grande relevância, como o meio ambiente e a Chuva Ácida. Essas funções não apenas apresentam uma complexa interrelação química, mas também ilustram as consequências da intervenção humana nos sistemas naturais, permitindo discussões que estimulam a criticidade e a responsabilidade socioambiental (Leão et al., 2020).

Diante desse cenário, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: “Como os obstáculos epistemológicos interferem na compreensão dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, e até que ponto uma sequência didática pode

contribuir para sua superação?” Esse questionamento norteia a investigação e é retomado nas considerações finais para avaliar os resultados alcançados.

Assim, o objetivo deste trabalho é investigar a presença de obstáculos epistemológicos que dificultam a compreensão científica dos conceitos de ácidos, bases e óxidos. Para isso, propõe-se uma sequência didática baseada nos estudos de Gaston Bachelard e Jean-Pierre Astolfi, com atividades experimentais que abordam o fenômeno da chuva ácida.

Especificamente, busca-se identificar os principais obstáculos epistemológicos presentes nas concepções dos estudantes, desenvolver estratégias didáticas que favoreçam a reflexão e a compreensão dos conceitos abordados e avaliar os impactos da sequência didática na construção do pensamento científico dos estudantes.

Para isto, adotou-se a metodologia estudo de caso (Yin, 2005), com público-alvo composto por estudantes da primeira série do Ensino Médio, em uma escola pública regular situada na cidade de Fortaleza - CE, Brasil.

Com essa abordagem, espera-se contribuir para um ensino de Química mais significativo, alinhado às diretrizes da BNCC e à formação de cidadãos críticos e conscientes. Essa contribuição será mensurada por meio da análise qualitativa das respostas dos estudantes nos instrumentos aplicados, como questionários e atividades práticas, que permitirão avaliar as mudanças nas concepções e a construção do pensamento científico ao longo da sequência didática.

Nas próximas seções discutimos as ideias do filósofo Gaston Bachelard, assim como os obstáculos evidenciados por ele. Posteriormente, apresentamos o ponto de vista de Astolfi (1994) sobre as etapas para a suplantação destes obstáculos.

2. A EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD NO QUE TANGE À CARACTERIZAÇÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Gaston Bachelard foi um dos principais epistemólogos do século XX, destacando-se por suas contribuições à filosofia da ciência. Seu pensamento foi profundamente influenciado pelas revoluções científicas de sua época, como a Teoria da Relatividade de Einstein e a Mecânica Quântica, que evidenciaram a necessidade de romper com paradigmas científicos tradicionais (Lopes, 1993a). Segundo Bachelard (1996), o desenvolvimento da ciência é marcado por rupturas epistemológicas, ou seja, pela superação de conhecimentos anteriores em favor de novas formas de pensar. Adicionalmente, Soares (2017) acrescenta que:

Bachelard foi professor de Física e Química no Collège de Bar-sur-Aube, entre os anos de 1919 e 1930, e só se licenciou em Filosofia nos anos vinte do século passado. Seu interesse pelas Ciências Naturais o levou a pensar na Educação Básica e em sua relação com o progresso científico. Deste modo, encontra-se em Bachelard uma filosofia preocupada com a formação de todos os alunos para as ciências.

Não se trata da defesa de uma educação puramente técnica, pela qual todo e qualquer aluno deveria ser formado para trabalhar para as ciências, mas, ao contrário, de uma formação que exortasse ao novo espírito científico (Soares, 2017, p. 58-59).

Gaston Bachelard realizou contribuições significativas no campo da história das Ciências, especialmente ao criticar o desenvolvimento contemporâneo da área, frequentemente pautado no senso comum. Essa inter-relação, segundo ele, dificultava o progresso científico de maneira coerente. Além disso, Bachelard apresentou críticas ao realismo ingênuo, ao empirismo, ao positivismo e ao racionalismo cartesiano, todos relacionados aos discursos que fundamentam as práticas científicas (Lopes, 1993b).

O filósofo e poeta francês demonstrava preocupação com as distorções presentes no ensino das Ciências. Ele observava, por vezes, que esse ensino se reduzia a analogias, imagens e fórmulas prontas, enquanto a pesquisa proporcionava apenas um “conhecimento aproximado” (Bulcão, 2009; Medeiros et al., 2016).

Suas obras são amplamente voltadas para questões relacionadas à filosofia da ciência, destacando-se, por exemplo “A formação do espírito científico: contribuição para a psicanálise do conhecimento” (1938), traduzida para a Língua Portuguesa em 1996; “O pluralismo coerente da química moderna” (1932); “O novo espírito científico” (1934); “A filosofia do não” (1940); entre outras.

Bachelard (1996) argumenta que a ciência precisa estar em constante evolução, uma vez que está profundamente entrelaçada com o contexto histórico e cultural, que se transforma ao longo do tempo. Nesse sentido, ele defende que o levantamento de hipóteses e a validação rigorosa dessas devem orientar futuras discussões, oferecendo novos direcionamentos, conceitos e teorias ou reforçando estudos já consolidados.

O “novo espírito científico”, proposto por Bachelard, sugere uma ruptura com a visão científica tradicional, caracterizada por um processo rígido e cartesiano. Em vez disso, valoriza-se uma abordagem mais empírica e dinâmica, afastando-se de uma perspectiva puramente objetiva e neutra. Para o autor, é importante adotar uma postura crítica em relação às conclusões científicas vigentes, incentivando o questionamento constante e a revisão dos estudos, sem se limitar a verdades definitivas (Bachelard, 1996).

No contexto do ensino de Química, o professor pode priorizar uma abordagem fenomenológica, que fomente o espírito de dúvida nos estudantes, em conformidade com o novo espírito científico. É importante destacar que a ciência não deve ser encarada como uma continuidade do senso comum. Nesse sentido, o objetivo não é que os estudantes convivam com duas ideias conflitantes sobre os fenômenos químicos abordados. Em vez disso, os conceitos científicos devem ser apresentados a partir de outros conhecimentos já existentes, promovendo uma cultura científica unificada e desvinculada do senso comum.

O foco deste estudo reside nos saberes adquiridos pelos estudantes, que podem se manifestar como barreiras ao

avanço do conhecimento científico. Esses obstáculos epistemológicos (OE), entendidos como subterfúgios pedagógicos, serão discutidos a seguir.

3. OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS CONSOANTE GASTON BACHELARD

A ciência contemporânea é marcada pelo estudo de teorias mistas, o que leva à construção de simbolismos químicos, como observado em Bachelard (1996) na área da Química. Um exemplo disso é a representação das moléculas de água por meio de ligações covalentes, em que o traço químico que conecta os átomos de hidrogênio e oxigênio (elementos não metálicos), no caso um em cada pois sua fórmula molecular é $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, reflete uma relação abstrata de valência, representando os elétrons envolvidos na ligação. Esses traços, comum nas fórmulas estruturais, simbolizam as valências trocadas (Brown et al., 2005).

Diversas análises sobre o simbolismo químico apontam que o avanço da ciência busca torná-lo cada vez mais adequado a estudos mais complexos. Conforme Bachelard (1996): “o novo simbolismo contém mais pensamento do que o antigo, contém não somente uma verdadeira história dos progressos, mas traz ainda sugestões à pesquisa experimental” (p. 97). As descobertas na Química representam rupturas com o imediato, como a constatação de que a água é formada pela combinação de dois gases, indicando um estudo contínuo e progressivo (Birch, 2018).

No entanto, é importante estar atento a concepções equivocadas dos estudantes sobre temas químicos, pois interpretações errôneas podem gerar obstáculos na aprendizagem. Um exemplo recorrente é a associação entre a imiscibilidade de água e óleo e a densidade, quanto, na realidade, o fenômeno é explicado pela polaridade das moléculas e pelas interações químicas presentes (Brown et al., 2005; Faria e Recena, 2020).

Bachelard (1996) argumenta que é essencial superar a ideia de que o saber científico se distingue do cotidiano apenas por seu grau de complexidade. Ele destaca a importância de uma dinâmica que inclua erro, ruptura e descontinuidade como caminhos para a superação de barreiras, promovendo um rompimento com o senso comum. Segundo Bachelard (1971), “as ciências físicas e químicas, no seu desenvolvimento contemporâneo, podem ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamento que rompem nitidamente o conhecimento vulgar” (p. 18). Essa transformação epistemológica permite a transição do saber comum para o científico.

Os professores devem ter cuidado ao utilizar analogias e metáforas no ensino de Química, pois este uso pode formar entraves à aprendizagem, como evidenciado por Lopes (2007), Prudêncio (2017) e Silveira et al. (2019). Bachelard alertou sobre a má utilização destes recursos no ensino de ciências, introduzindo a noção de obstáculo epistemológico fazendo como uma barreira ao desenvolvimento do pensamento científico (Bulcão, 2009). De acordo com o autor:

Em resumo no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos

centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno. A experiência é feita para ilustrar um teorema (Bachelard, 1996, p. 50).

Segundo Astolfi e Develay (1995), tanto os aspectos microscópicos quanto os macroscópicos podem ser abordados no ensino para facilitar a compreensão do saber científico. No entanto, é relevante que se adote uma metodologia que vá além das práticas tradicionais para abordar esses dois níveis. Na prática pedagógica, esses aspectos são muitas vezes tratados de forma isolada, o que pode resultar em obstáculos epistemológicos e comprometer a aprendizagem (Bachelard, 1971).

Para que haja uma produção e aquisição de conhecimentos coerente e significativa, a formação de conceitos deve ser cuidadosamente planejada, evitando obstáculos que dificultem esse processo. O ensino de Química, em particular, deve priorizar o diálogo, a ação, a reflexão e a formação do espírito científico, elementos indispensáveis para superar barreiras e promover o protagonismo dos estudantes (Leão et al., 2020).

Os professores desempenham um papel crucial na superação desses obstáculos. É fundamental que analisem constantemente suas metodologias de ensino, buscando alternativas que garantam que os estudantes aprendam em consonância com o “novo espírito científico” preconizado por Bachelard. De acordo com Lôbo (2008), essa análise deve incluir tanto as atividades de ensino-aprendizagem quanto as práticas de pesquisa, assegurando que os estudantes sejam expostos a abordagens reflexivas e críticas.

Astolfi e Develay (1995) reforçam que os professores precisam estar preparados para identificar os obstáculos epistemológicos nas concepções dos estudantes e trabalhar para superá-los, considerando as especificidades de cada realidade. Esse preparo exige que os objetivos do planejamento docente sejam cuidadosamente traçados para culminar em ações efetivas. A epistemologia, nesse contexto, deve partir da reflexão sobre a própria ciência, tornando-se, assim, uma ferramenta essencial para expressá-la de maneira adequada.

A ruptura com o saber anterior é um elemento central para o desenvolvimento da razão, pois envolve a reflexão sobre os valores do conhecimento científico. No ensino de Química, essa dinâmica ocorre por meio da formulação de hipóteses, baseadas em uma reflexão prévia que entrelaça teorias, concepções e observações (Bachelard, 1971). Bachelard propunha uma ruptura ideológica com a visão dogmática e linear da ciência, valorizando a desconstrução de conceitos anteriores para possibilitar novas compreensões.

Entre os obstáculos epistemológicos identificados por Bachelard (1996) no processo de ensino e aprendizagem, destacam-se: experiência primeira, conhecimento geral, substancialista, animista, realista, conhecimento unitário e pragmático, quantitativo e verbalista. Esses entraves podem levar à estagnação do pensamento e ao retrocesso do saber

científico. Nesse sentido, é imprescindível que os professores estejam atentos ao abordar conteúdos de Química em sala de aula, para evitar a perpetuação desses problemas (Lôbo, 2008; Lopes, 1992).

Adicionalmente, Faria e Recena (2020) destacam que Bachelard, em seus estudos, não buscava propor práticas pedagógicas para eliminar esses entraves, mas sua contribuição proporcionou uma base teórica para refletir sobre os desafios do ensino. Essa noção de obstáculo epistemológico ainda é pouco explorada por muitos professores, mas trabalhos recentes vêm sendo desenvolvidos para aprimorar as práticas pedagógicas, facilitando a compreensão dos conceitos científicos e evitando a formação desses obstáculos. Professores que compreendem e aplicam esses saberes contribuem para a superação desses entraves na aprendizagem. Posto isso, na seção subsequente, os obstáculos epistemológicos identificados por Bachelard serão discutidos de forma mais detalhada.

3.1. Discussão dos obstáculos epistemológicos

3.1.1. Experiência Primeira

O primeiro obstáculo epistemológico identificado por Bachelard é denominado de experiência primeira. Esse obstáculo está relacionado às atividades experimentais, que, frequentemente despertam admiração e encantamento nos estudantes devido aos resultados visuais e imediatos que apresentam. Por exemplo, em uma reação exotérmica (que libera calor), mudanças de cor ou liberação de gases são fenômenos que, apesar de impressionantes, podem restringir a aprendizagem a uma sucessão de efeitos experimentais sem uma compreensão crítica dos processos envolvidos (Bachelard, 1996; Brown et al., 2005).

Bachelard (1996) observa que “a crítica não pôde intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura” (p. 29). Ele argumenta que a fascinação com os aspectos visuais das experiências pode obscurecer a necessidade de uma análise mais profunda e rigorosa e defende que esse tipo de abordagem deve ser evitado no processo de ensino e aprendizagem, pois limita o desenvolvimento do espírito científico.

Um exemplo clássico desse obstáculo é encontrado na teoria dos radicais (íons). Em um experimento, o professor obteve iodeto de amônio a partir da reação do amoníaco (NH_3) com palhetas de iodo (I_2) sobre um filtro. Quando o papel impregnado pela substância é seco, ocorre uma explosão, o que naturalmente desperta a admiração dos estudantes. No entanto, quando questionados sobre o fenômeno, muitos estudantes recordavam apenas da explosão, sem compreenderem os princípios químicos que a explicavam. Faltava-lhes um estudo detalhado e crítico sobre o experimento, o que evidenciava que o aprendizado estava restrito a um encadeamento de resultados impressionantes, mas desprovido de análise científica.

3.1.2. Conhecimento geral (generalização)

As generalizações excessivas dos conceitos tendem a imobilizar o pensamento crítico, pois limitam o aprofundamento no conhecimento científico. Tudo é explicado de forma simplista, por meio de afirmações generalizadoras que eliminam a necessidade de investigação e análise detalhada. No ensino de Química, essas generalizações podem reduzir fenômenos complexos a interpretações superficiais, resultando em um conhecimento químico vago e desinteressante. Esse fenômeno caracteriza o obstáculo denominado por Bachelard (1996) como conhecimento geral.

A imobilidade do pensamento causada por esse obstáculo faz com que as explicações dos fenômenos sejam condicionadas a interpretações genéricas, muitas vezes tomadas como verdades absolutas (Bachelard, 1996). Nesse cenário, não há espaço para questionamentos, e o progresso científico é prejudicado. Como apontam Faria e Recena (2020), a adesão a explicações generalizadas pode proporcionar uma falsa sensação de satisfação intelectual. Em vez de investigar os detalhes que envolvem um determinado tema, o estudante assume que já possui o conhecimento necessário, o que resulta na estagnação do aprendizado e na perda do caráter investigativo, essencial ao desenvolvimento do espírito científico.

Esse tipo de abordagem favorece a construção de um conhecimento superficial, desconectado da profundidade exigida pela literatura científica. Bachelard (1996) alerta: “Em suma, mesmo seguindo um ciclo de ideias exatas, percebe-se que a generalidade imobiliza o pensamento, que as variáveis referentes ao aspecto geral ofuscam as variáveis matemáticas essenciais” (p. 72). Essa tendência afasta os estudantes de novas dúvidas, questionamentos, bloqueando o desenvolvimento do senso crítico e a construção de um pensamento mais elaborado.

Portanto, é fundamental que professores estejam atentos ao uso de generalizações no ensino de Química, promovendo abordagens que incentivem o questionamento, a análise minuciosa e o protagonismo dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

3.1.3. Obstáculo verbal

Bachelard (1996) alerta que “[...] a imagem tão clara pode, quando aplicada, ficar mais confusa e complicada” (p. 95). Esse obstáculo ocorre quando há uma associação inadequada entre palavras concretas e abstratas. Nesses casos, uma palavra ou imagem pode ser utilizada como substituta de uma explicação científica adequada, ocupando o espaço de uma análise e explicação teórica consistentes. Embora tais associações possam remeter ao cotidiano dos estudantes, carecem de criticidade e compreensão real do fenômeno (Lopes, 1993b).

O uso de palavras ou imagens, se não for cuidadosamente planejado, pode prejudicar o desenvolvimento do raciocínio científico, dificultando a análise clara e objetiva dos problemas. Faria e Recena (2020) destacam que essas associações podem reforçar intuições prévias dos estudantes, criando barreiras para o aprendizado científico. Assim, imagens que inicialmente parecem autoexplicativas

acabam por dificultar a construção de um conhecimento mais aprofundado e crítico.

Bachelard (1996) aponta que “o perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento próprio; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem” (p. 101). Como exemplo, ele cita o uso da palavra “esponja” para descrever diferentes fenômenos. Essa metáfora, amplamente utilizada, cria uma série de generalizações inadequadas e equivocadas, que comprometem a aprendizagem científica. Ao adotar tais analogias, muitos estudantes passam a considera-las como explicações definitivas, ignorando a necessidade de investigações e questionamentos.

3.1.4. Obstáculo substancialista

Bachelard (1996) descreve o obstáculo substancialista como uma tendência a atribuir qualidades diversas a uma substância, sejam elas superficiais ou profundas, manifestas ou ocultas. Ele afirma:

Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta. Seria possível falar de um substancialismo do oculto, de um substancialismo do íntimo, de um substancialismo de qualidade evidente. Mas, ainda uma vez, tais distinções levariam ao esquecimento do aspecto vago e infinitamente tolerante da substancialização, ao descuido com o movimento epistemológico que é alternado, do interior para o exterior das substâncias, prevalecendo-se da experiência externa evidente, mas escapando à crítica pelo mergulho na intimidade (Bachelard, 1996, p. 121).

Esse obstáculo é caracterizado por intuições dispersas e frequentemente contraditórias, muitas vezes sustentadas por representações materialistas ou pelo uso inadequado de imagens e figuras. Em tal abordagem, atribuem-se características externas a um conceito, ignorando os seus aspectos intrínsecos e essenciais no processo de ensino e aprendizagem. Assim, qualidades ocultas ou subjetivas são apresentadas como explicações definitivas, o que pode limitar o desenvolvimento do pensamento científico. A substancialização de conceitos resulta em explicações superficiais e restritas, que não promovem a análise crítica e aprofundada (Lopes, 1993b).

Bachelard (1996) reforça que “o espírito científico não pode satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos a um fenômeno à respectiva substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos” (p. 127). Ele exemplifica essa tendência com o caso do fluido elétrico, descrito por Boyle, ao qual foram atribuídas qualidades como viscosidade, untuosidade e tenacidade, associando a eletricidade a uma espécie de cola, como se ela possuísse um “espírito material”. Essa abordagem reflete a necessidade de substantificar as qualidades, o que, por sua vez, desestimula questionamentos e reflexões, pois satisfaz uma mente que prefere respostas simples e imediatas.

3.1.5. Conhecimento unitário e pragmático

Esse obstáculo se refere às dificuldades no ensino que frequentemente são resolvidas de forma superficial, com base em uma visão global derivada de um princípio geral da natureza. Segundo Faria e Recena (2020), “quando todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio da natureza, é porque o conhecimento utilitário se estabeleceu como dificultador do conhecimento” (p. 26).

No âmbito da Química, esse obstáculo pode ser ilustrado pela ideia de luz como um elemento que explicaria diversos fenômenos. Bachelard (1996) relata que, no século XVIII, era comum atribuir à luz a capacidade de combinar-se com substâncias ao entrar em contato com elas, transferindo suas propriedades. Esse princípio, conhecido como “substancial das cores”, é um exemplo de abordagem ingênua e vaga que compromete a qualidade da pesquisa científica e a compreensão conceitual.

Quando analogias são utilizadas de maneira inadequada, elas podem desviar o foco, impedir a curiosidade e favorecer interpretações utilitárias. Essas explicações pragmáticas, baseadas em generalizações, limitam o aprofundamento do conhecimento. Um exemplo destacado por Bachelard é a proposta de Bacon, que sugeria que a diminuição da transpiração desde a infância poderia prolongar a vida, por meio do aumento da produção de urina. Ele relacionava essa ideia às crisálidas de lagarta que “transpiram” e mantêm a vida latente para evoluir. Esse tipo de pensamento busca atribuir utilidades específicas aos fenômenos, muitas vezes sem embasamento científico sólido.

Bachelard (1996) enfatiza que “a necessidade de generalização extrema, às vezes por um único conceito, leva a ideias sintéticas que conservam o poder de seduzir” (p. 117). Essa abordagem reflete uma tendência a associar fenômenos naturais ao cotidiano de forma superficial, visando facilitar a compreensão científica. No entanto, essa prática simplista compromete a construção do conhecimento, pois desestimula a reflexão crítica e investigativa.

3.1.6. Obstáculo do Conhecimento quantitativo

No campo das Ciências, há uma constante busca por precisão, que, muitas vezes, desvia o foco do entendimento profundo do fenômeno estudado. Esse excesso de ênfase na exatidão pode levar à perda da essência do que está sendo analisado, medido ou interpretado, comprometendo a capacidade dos estudantes de inferir, deduzir, refletir e criticar. Nesse contexto, a precisão - frequentemente associada a números e casas decimais - torna-se mais importante do que a compreensão conceitual e crítica. Consoante Bachelard (1996):

Um conhecimento objetivo imediato, pelo fato de ser qualitativo, já é falseado. Traz um erro a ser retificado. Esse conhecimento marca fatalmente o

objeto com impressões subjetivas, que precisam ser expurgadas; o conhecimento objetivo precisa ser psicanalisado. Um conhecimento imediato é, por princípio, subjetivo. Ao considerar a realidade como um bem, ele oferece certezas prematuras que, em vez de ajudar, entravam o conhecimento objetivo (Bachelard, 1996, p. 259).

Como exemplo, o filósofo menciona os estudos realizados por Coulomb, que desenvolveu aparelhos relacionados à ação elétrica. Esses instrumentos, apesar de funcionarem com alta precisão, não incentivavam reflexões sobre o objetivo do fenômeno, limitando a compreensão a um nível superficial. Essa busca exacerbada por exatidão, comum no século XVIII, evidenciava um desequilíbrio entre precisão técnica e entendimento crítico.

No contexto educacional, Prudêncio (2017) identificou um exemplo contemporâneo desse obstáculo em atividades de Cinemática no Ensino Médio. Os estudantes demonstravam uma grande preocupação em realizar cálculos precisos e responder corretamente às perguntas propostas, priorizando a robustez dos resultados numéricos. Contudo, essa abordagem deixava de lado o caráter crítico e reflexivo, que deveria ser central na análise dos fenômenos.

3.1.7. Obstáculo animista

O obstáculo animista caracteriza-se pela associação de conceitos científicos com sentimentos ou características humanas, o que pode dificultar a compreensão objetiva dos fenômenos. Essa abordagem faz com que os estudantes percebam os conceitos científicos como se fossem organismos vivos, atribuindo-lhes intenções ou emoções. Um exemplo disso é o estudo das ligações químicas interatômicas, em que se explica que os átomos se unem, por transferência ou compartilhamento de elétrons, para completar a camada de valência com oito elétrons. Essa união é frequentemente apresentada de forma animista, sugerindo que o átomo feliz atinge estabilidade ao completar o octeto, enquanto o átomo triste permanece instável. No entanto, é importante destacar que essa explicação simplista ignora as exceções à regra do octeto e compromete a compreensão científica aprofundada (Lopes, 1992).

Outro exemplo desse entrave pode ser encontrado na Física. Lopes (1992) observa que, no estudo inicial de fenômenos como magnetismo e eletricidade, era comum associá-los a princípios vitais. A atração e repulsão de corpos, assim como a energia envolvida nesses processos, eram explicadas por analogias que atribuíam características animadas a esses fenômenos. Essa prática reflete a dificuldade de desconstruir percepções intuitivas e desenvolver uma compreensão científica mais crítica.

Trindade et al. (2019) apontam que alguns professores, na tentativa de tornar o conteúdo mais acessível, acabam dando vida a conceitos e representações científicas. Embora essa abordagem possa facilitar a memorização inicial, ela frequentemente prejudica o entendimento real do fenômeno, uma vez que atribui características humanas a substâncias e elementos inanimados. Esse tipo de comparação está em desacordo com os princípios do novo espírito científico, que

prioriza uma compreensão objetiva e rigorosa dos fenômenos.

É essencial que os professores utilizem abordagens pedagógicas que incentivem os estudantes a superar interpretações antropomórficas, promovendo uma análise crítica e desprovida de subjetividades para compreender os conceitos científicos de forma mais precisa.

3.1.8. Obstáculo realista

O uso de analogias e metáforas é uma prática comum no ensino de Ciências, especialmente para tornar conceitos abstratos mais acessíveis. Exemplos recorrentes incluem a comparação do modelo atômico de Ernest Rutherford com o modelo planetário, e a descrição do modelo atômico de Joseph John Thomson como um “pudim de passas” (Brown et al., 2005). Embora essas analogias ajudem na introdução de ideias, elas podem levar a um entendimento superficial e gerar o que Bachelard (1996) denominou de obstáculo realista. De acordo com Lopes (1992):

O realista supervaloriza suas impressões tácteis e visuais, lidando com o objeto com a voracidade do homem faminto frente ao alimento. Seus olhos e suas mãos digerem o objeto, fazendo dele a razão de ser do conhecimento. De tal forma, não ultrapassam o dado imediato e concreto, o conhecimento de primeira instância. A razão do realista não encontra espaço para se aplicar, pois todo o seu ser resiste à abstração. Não se deve concluir daí que, no universo bachelardiano, o conhecimento se situa no oculto no objeto, a verdade estando no inexplorado, já que não se situa no evidente (Lopes, 1992, p. 258).

Esse obstáculo ocorre quando a descrição do real é utilizada como solução para facilitar a compreensão, sem promover uma reflexão mais aprofundada sobre os conceitos envolvidos. Trata-se de uma tentativa de traduzir o abstrato em concreto, que, embora válida em alguns contextos, pode restringir o aprendizado a uma visão imediatista e limitada.

Lopes (1992) também aponta que no ensino de Química é comum não considerar a propriedade química como resultado da interação entre partículas de uma substância. Em vez disso, presume-se que qualquer parte do todo possua as mesmas propriedades do próprio todo, o que é uma interpretação equivocada. Trindade et al. (2019) exemplificam esse obstáculo ao mostrar representações de um homem da mesma altura de uma molécula, segurando sua extremidade. Essas metáforas exageradas ilustram o obstáculo realista ao reduzir o entendimento científico a uma relação direta com o mundo físico.

4. ESTRATÉGIAS PARA O TRATAMENTO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

O desenvolvimento da Ciência, bem como a construção de modelos e conceitos científicos, tem sido viabilizado por estudos que visam promover processos de superação de obstáculos epistemológicos, muitas vezes resistentes. É essencial que o ensino utilize estratégias que coloquem o estudante como protagonista no processo de ensino e

aprendizagem, valorizando o dinamismo, a dialogicidade e a contextualização. Esses aspectos, ao considerar os conhecimentos prévios dos estudantes, facilitam a aquisição de novos saberes. O diálogo entre professor e estudante torna-se, assim, um elemento essencial para construir uma relação de confiança e respeito.

Astolfi e Develay (1995) propõem uma abordagem estruturada para superar os obstáculos, que inicia com a sua localização, seguida pela sua fissuração, e, por fim, sua superação. Conforme os autores (1995):

Logo, cabe ao formador colocar o obstáculo a ser ultrapassado no cerne do dispositivo, de tal modo que o aluno possa “trabalhá-lo”. Sua ultrapassagem constituirá, ao mesmo tempo que a resolução do problema, o verdadeiro objetivo de aquisição da sequência, esse que o aluno só pode compreender após o término (Astolfi e Develay, 1995, p. 67).

Ademais, a localização do obstáculo é uma etapa crucial para permitir sua fissuração e eventual superação. Nesse processo, os estudantes devem participar ativamente da

construção de conceitos químicos ao invés de receberem apenas teorias e conteúdos pré-organizados (Astolfi, 1994). Ainda segundo Astolfi e Develay (1995), “a análise dos obstáculos nem sempre se apoia tão claramente em elementos históricos; ela pode também muito bem resultar de observações ligadas à prática pedagógica ou de pesquisas didáticas empíricas” (p. 71).

Os estudantes trazem saberes prévios provenientes de suas vivências cotidianas e do saber popular, que influenciam suas concepções científicas (Leão et al., 2020). Embora essas representações reflitam suas histórias e sistemas de pensamentos, é importante considerar tais concepções no processo de ensino (Bachelard, 1996). Isso garante que os estudantes se sintam valorizados, participem das decisões pedagógicas e contribuam para o desenvolvimento das atividades.

Astolfi (1994) propõe estratégias didáticas específicas para a superação dos obstáculos, considerando as condições pedagógicas. Sua abordagem é apresentada na Figura 1, que orienta a elaboração e aplicação de sequências didáticas:

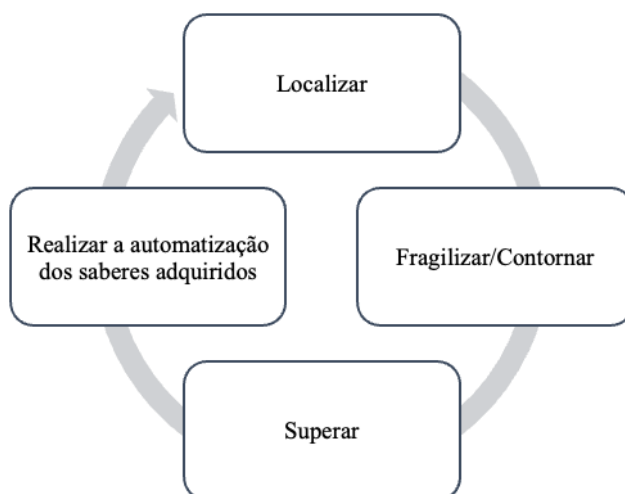


Figura 1 - Etapas para a superação dos OE. Fonte: Autoria própria (2023).

Após a identificação do obstáculo, a próxima etapa é fragilizá-lo, utilizando questões problematizadoras e desafiadoras. Isso fomenta discussões, debates e reflexões críticas sobre os saberes científicos, permitindo que os estudantes avancem na compreensão dos conceitos. A fissuração, segundo Astolfi e Develay (1995), ocorre por meio de uma desestabilização conceitual, promovida pelo conflito sociocognitivo. Na etapa final, a superação, a ação deve ser intelectualmente satisfatória e acessível aos estudantes. A automatização dos saberes adquiridos permite que eles sejam aplicados em diferentes situações, com foco na construção coletiva de respostas, mediada pelo professor (Astolfi, 1994).

Além disso, o professor deve refletir criticamente sobre seu planejamento e execução, analisando o conteúdo abordado em sala e as limitações dos livros didáticos. Essa reflexão deve orientar a construção de um caminho mais eficaz para o aprendizado, considerando que os obstáculos

epistemológicos podem surgir durante ou antes do processo de ensino. Cabe ao professor identificar e trabalhar para superar esses obstáculos.

A formulação de problemas, por exemplo, pode envolver experimentação ou observações baseadas em dados empíricos. Esse processo condiciona a escolha de sistemas explicativos que, embora não totalmente definidos, fornecem previsões fundamentadas nos fatos observados ou construídos. O objetivo final é a resolução de conflitos sócio-cognitivos, utilizando a confrontação entre previsões e a realidade (Astolfi, 1994; Hodson, 1988; Prudêncio, 2017).

5. METODOLOGIA

Esta investigação caracteriza-se como qualitativa, do tipo estudo de caso, com foco na compreensão de aspectos específicos das concepções de estudantes sobre conceitos químicos. Segundo Yin (2005), o estudo de caso é uma

abordagem apropriada para investigar fenômenos contemporâneos dentro de seus contextos reais, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas. Esta pesquisa também se apoia em princípios da pesquisa-ensino, visando não apenas compreender os desafios enfrentados pelos estudantes, mas também propor intervenções que possam mitigar esses desafios.

O pesquisador é substancial para a coleta e análise dos dados, fato esse que é preconizado pela pesquisa qualitativa. A sua subjetividade também faz parte desse processo de discussão e reflexão cuja pesquisa requer investigação, interpretação e compreensão, considerando um caminho intuitivo, mas levando em consideração também os estudos existentes (Flick, 2009).

O estudo foi realizado em uma escola pública estadual localizada na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. Participaram da pesquisa 10 alunos da primeira série do Ensino Médio com base na disponibilidade e no interesse em participar das atividades propostas. A turma foi composta por estudantes com diferentes níveis de compreensão prévia sobre os conceitos químicos abordados e os estudantes foram nomeados de K1 a K10, visando preservar seu anonimato.

Para a coleta de dados, foram utilizados os seguintes instrumentos:

(a) *Questionários semiestruturados*: Aplicados antes (pré-teste) e ao final (pós-teste) da intervenção didática, com perguntas que abrangiam conceitos sobre ácidos, bases e óxidos. Os questionários foram projetados para identificar obstáculos epistemológicos presentes nas concepções dos estudantes e avaliar mudanças nessas concepções após as atividades.

(b) *Diário de campo*: Utilizado pelo pesquisador para registrar observações feitas durante as aulas e atividades experimentais, incluindo comportamentos, interações e comentários dos estudantes.

(c) *Produções escritas*: Os estudantes elaboraram textos ao final das atividades experimentais, os quais foram analisados para identificar padrões de compreensão e

eventuais progressos na construção do pensamento científico.

A sequência didática foi estruturada em seis etapas principais, realizadas ao longo de um mês, totalizando 10 horas-aula. Cada aula teve duração de aproximadamente 50 minutos. A seguir, as etapas:

- *Etapa 1. Diagnóstico inicial*: Observações iniciais e aplicação do questionário pré-teste para identificar os saberes prévios e os obstáculos epistemológicos.
- *Etapa 2. Aulas expositivas e dialogadas*: Introdução teórica sobre os conceitos de ácidos, bases e óxidos através do tema Chuva Ácida, com discussões sobre exemplos do cotidiano.
- *Etapa 3. Experimentação*: Realização do experimento relacionado à Chuva Ácida, explorando as reações químicas envolvidas e seus impactos ambientais.
- *Etapa 4. Discussão coletiva*: Análise conjunta dos resultados experimentais.
- *Etapa 5. Produção de textos*: Elaboração de textos para consolidar os conceitos trabalhados com a ajuda de um mapa conceitual, promovendo a organização das ideias.
- *Etapa 6. Pós-teste*: Aplicação do questionário pós-teste e análise dos textos elaborados, visando identificar mudanças nas concepções dos estudantes.

5.1. Análise dos dados: uso do questionário semiestruturado

Os questionários denominados de pré-teste e pós-teste da sequência didática foram baseados e adaptados conforme os critérios estabelecidos por Vázquez-Alonso et al. (2008), que classifica as respostas em três categorias: adequada, plausível e inadequada. Além disso, foram identificados padrões emergentes e exemplos representativos para discutir como a sequência didática influenciou a compreensão dos estudantes. Apresentamos uma descrição desses critérios conforme o organograma da Figura 2:

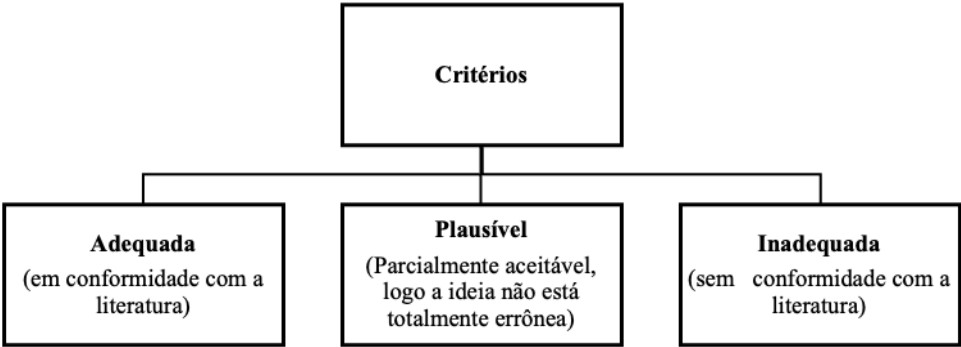


Figura 2 - Análise dos critérios. Fonte: Autoria própria (2023).

A intenção é averiguar os saberes prévios existentes acerca dos estudos gerais de ácidos, bases e óxidos haja vista as reações envolvidas no processo de formação da Chuva Ácida em conformidade com a literatura. Ademais, essa atividade oportuniza o desenvolvimento de estratégias metodológicas que corroboram na construção do conhecimento levando em consideração os saberes prévios.

O propósito principal é identificar os obstáculos epistemológicos, que fazem parte da primeira etapa do estudo estabelecido. Isso já configura um avanço em prol do conhecimento científico, no qual conforme Astolfi (1994) afirma:

El que un obstáculo lo sea, es precisamente su resistencia a la refutación. Por tanto, no basta con que un obstáculo sea objeto de un tratamiento didáctico para estar seguros de que puede ser superado. Si un contraejemplo, por convincente que fuera, resultara suficiente, tendríamos que preguntarnos por el valor de empleo de una palabra tan fuerte. Por ello, algunos obstáculos pueden ser

localizados, incluso «fisurados», sin tener la necesidad de superarlos realmente, lo cual no está nada mal, y es sin duda una etapa imprescindible del aprendizaje a condición de que no nos engañemos respecto de lo que está en juego (Astolfi, 1994, p. 212).

Isso foi planejada para promover a reflexão crítica e para facilitar a aprendizagem, alinhando-se aos princípios da BNCC e às abordagens de Bachelard (1996) e Astolfi (1994). Embora não se pretenda garantir a superação completa dos obstáculos epistemológicos, busca-se identificar os desafios enfrentados e propor estratégias que favoreçam a construção do pensamento científico.

O questionário utilizado como pré-teste foi constituído por 05 questões, sendo 03 destas objetivas e 02 subjetivas, conforme o Quadro 1. Nas questões objetivas foi deixado um espaço para o estudante expor seu pensamento, caso achasse necessário, que utilizou para escolher a resposta que achava correta.

1. Qual das substâncias a seguir é encontrada no nosso estômago que ajuda na digestão dos alimentos? A) HCl. B) NaOH. C) H₂SO₄. D) Mg(OH)₂. 2º) Galisbeuda está sentindo azia devido ao excesso de acidez no estômago. Qual das substâncias abaixo seria mais adequada para neutralizar a acidez e aliviar o desconforto? A) CO B) HCl. C) Mg(OH)₂. D) HNO₃. 3º) Que tipos de substâncias reagem com o vapor de água contribuindo para a formação dos ácidos responsáveis pela Chuva Ácida? Marque a opção correta: A) Óxidos. B) Ácidos. C) Bases. D) Sais. 4º) Discorra sobre as principais características das substâncias ácidas. 5º) Discorra sobre as principais característica das substâncias básicas.

Quadro 1 - Questionário investigativo. Fonte: Autoria própria (2023).

Além disso, os resultados foram discutidos à luz das interações entre estudantes durante as atividades e das respostas coletadas nos instrumentais. A análise qualitativa considerou tanto as respostas adequadas quanto os comentários que demonstrassem reflexões ou questionamentos significativos.

De acordo com Yin (2005), a análise em estudo de caso deve ser orientada pela busca de padrões e pela interpretação criteriosa dos dados coletados, respeitando o contexto específico em que as ações ocorrem. Assim, os resultados deste estudo foram interpretados considerando as dinâmicas observadas em sala e os desafios próprios do ensino de Química, com atenção às respostas que indicaram a resignificação de conceitos e a possível superação de obstáculos epistemológicos.

6. RESULTADOS

6.1. Etapa 1: Identificação dos obstáculos epistemológicos e discussão

Na primeira etapa da pesquisa, os obstáculos epistemológicos foram identificados por meio da aplicação do questionário pré-teste. Esse instrumento foi elaborado para mapear as concepções iniciais dos estudantes acerca dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, bem como para identificar possíveis entraves na construção do saber científico.

Posto isso, os critérios dos estudantes para a escolha das respostas foram semelhantes e daí foram extraídos dois excertos representativos das respostas. Os resultados indicaram a presença de quatro principais obstáculos:

substancialista, generalização, animista e experiência primeira. No Quadro 2, a seguir, apresentam-se as análises das três questões do pré-teste com a quantidade de

estudantes que escolheram cada item assim como alguns critérios que expuseram e a classificação das respostas.

PERGUNTAS	ITENS	RESPOSTAS ESCOLHIDAS PELOS ESTUDANTES	EXCERTO REPRESENTATIVO DAS RESPOSTAS	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
1º) Qual das substâncias a seguir é encontrada no nosso estômago que ajuda na digestão dos alimentos?	A) HCl. B) NaOH. C) H ₂ SO ₄ . D) Mg(OH) ₂ .	A) 3 alunos B) 4 alunos C) 3 alunos D) 0 alunos	A) <i>Eu lembro que ácidos começam com H e tem cloro. (K8).</i> B) <i>Não lembro ao certo mas acho que tem ver com o sal e tem o sódio. (K2).</i>	A) Adequada B) Inadequada C) Inadequada D) Inadequada
2º) Galisbeuda está sentindo azia devido ao excesso de acidez no estômago. Qual das substâncias abaixo seria mais adequada para neutralizar a acidez e aliviar o desconforto?	A) CO. B) HCl. C) Mg(OH) ₂ . D) HNO ₃ .	A) 2 alunos B) 3 alunos C) 1 alunos D) 4 alunos	C) <i>Eu já comprei essa substância que é leite de magnésia, então o item é o que tem Mg. (K8).</i> D) <i>Por ser o ácido do estômago talvez esteja pouco concentrado sendo necessário mais. (K7).</i>	A) Inadequada B) Inadequada C) Adequada D) Inadequada
3º) Que tipos de substâncias reagem com o vapor de água contribuindo para a formação dos ácidos responsáveis pela Chuva Ácida? Marque a opção correta:	A) Óxidos. B) Ácidos. C) Bases. D) Sais.	A) 1 aluno B) 5 alunos C) 2 alunos D) 2 alunos	A) <i>Eu lembro desse assunto e sei que são os óxidos de nitrogênio e de enxofre. (K8).</i> B) <i>Como é chuva ácida deve ter mais ácido.(K9).</i>	A) Adequada B) Inadequada C) Inadequada D) Inadequada

Quadro 2 - Análise das questões 1, 2 e 3 do pré-teste. Fonte: Autoria própria (2023)

Levando em consideração a assertiva correta, segue o Gráfico 1 no qual está representada pela cor verde. Isso revela que a maioria dos sujeitos erraram as questões apresentadas, por conseguinte ainda há lacunas no processo

de aquisição dos conceitos do tema proposto. Ademais, é importante o planejamento e a execução de aulas que contribuam no processo de apreensão dos saberes científicos.

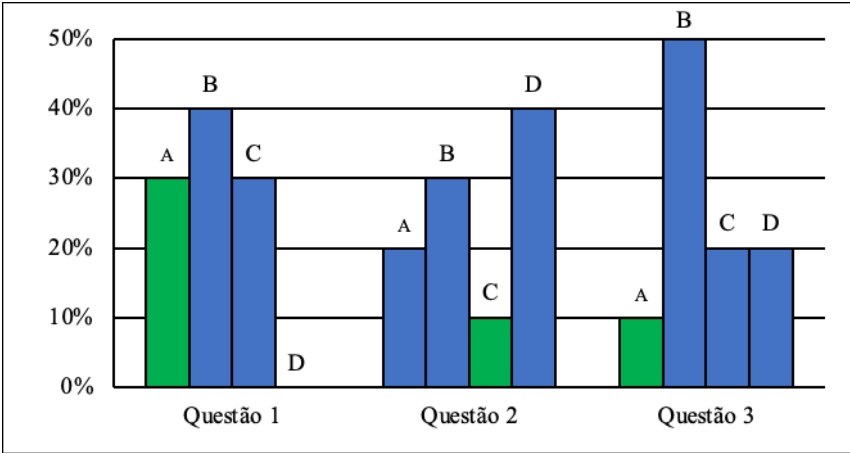


Gráfico 1 - Assertiva correta das questões 1, 2 e 3. Fonte: Autoria própria (2023)

Merece destaque a questão 3 na qual apenas 10% dos sujeitos acertaram, configurando na falta de entendimento do assunto relacionado aos óxidos. Infere-se a falta de saberes necessitando de uma atividade que corrobore no

processo de entendimento que fuja das práticas tradicionais de ensino. No tema gerador Chuva Ácida, a presença dos óxidos na atmosfera oriunda da queima de combustíveis fósseis, por exemplo, é que fazem com que a acidez da

água aumente consideravelmente, logo esse assunto poderá ajudar nessa compreensão desde que bem explanado.

Soma-se ao fato que 60% não justificaram a escolha dos itens. Isso não era obrigatório, porém infere-se que podem ter escolhido a alternativa de forma avulsa, ou seja, sem ter conhecimento do assunto. Os obstáculos evidenciados com base nessas questões, que serão discutidos mais a frente, foram os seguintes: substancialista e generalização. Gois et

al. (2022), por exemplo, ratificam no seu trabalho que é importante o reconhecimento e identificação desses obstáculos no âmbito escolar.

Em relação as questões subjetivas segue o Quadro 3 apresentando o excerto representativo das respostas das questões 4 e 5 assim como os obstáculos encontrados:

PERGUNTAS	EXCERTO REPRESENTATIVO DAS RESPOSTAS	OBSTÁCULOS ENCONTRADOS
4º) Fale sobre as principais características das substâncias ácidas.	<i>“Os ácidos apresentam reagem com as bases e são felizes pois neutrizam elas. Eles são tóxicos geralmente e alguns tem sabor azedo”. (K1)</i> <i>“Os ácidos apresentam obrigatoriamente o Hidrogênio na sua fórmula e são azedos”. (K5)</i>	Animista Substancialista Generalização
5º) Fale sobre as principais característica das substâncias básicas.	<i>“As bases devem ser tóxicas também e terminam sempre com o OH”. (K1)</i> <i>“As bases não podem ser consumidas e devem ser mais perigosas que os ácidos. Fiz um experimento mas só lembro da mudança de cor” (K9).</i>	Substancialista Generalização Experiência primeira

Quadro 3 - Questões subjetivas 4 e 5 com os respectivos obstáculos. Fonte: Autoria própria (2023).

Considerando-se os critérios de Vásquez-Alonso et al. (2008) referente às questões 4 e 5 segue o Quadro 4 abaixo:

Classificação (QUESTÃO 4)	Sujeitos da pesquisa									
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Adequado								X	X	
Plausível	X				X	X	X			
Inadequado		X	X	X						X
Classificação (QUESTÃO 5)	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Adequado								X	X	
Plausível	X						X			
Inadequado		X	X	X	X	X				X

Quadro 4 - Análise das respostas das questões 4 e 5. Fonte: Autoria própria (2023).

Merece destaque a fala do sujeito K1 na quarta questão, conforme apresentada no Quadro 3, classificada como plausível, ou seja, parcialmente correta. O sujeito identificou que a reação entre um ácido e uma base resulta na neutralização, e reconheceu que alguns ácidos podem ser tóxicos ou corrosivos. No entanto, a atribuição de sentimentos às substâncias configura o obstáculo animista. Esse tipo de concepção antropomorfiza fenômenos químicos, interferindo no entendimento científico, como aponta Bachelard (1996). A análise das respostas, conforme a metodologia proposta por Vásquez-Alonso et al. (2008), permite uma discussão detalhada das ideias apresentadas, sem desconsiderar os saberes prévios dos estudantes. Essa abordagem qualitativa contribui para a elaboração de inferências que valorizam as concepções iniciais, conforme preconizado pela literatura.

O obstáculo animista caracteriza-se pela associação de características humanas a fenômenos naturais. Segundo Bachelard (1996), essas associações criam entraves à aprendizagem, ao atribuir aspectos vitais a objetos inanimados, como exemplificado na ferrugem descrita como uma “doença” do ferro, cuja “cura” seria a retirada da parte afetada. Essas ideias, embora compreensíveis no senso comum, afastam o estudante de uma compreensão científica adequada, conforme destacado por Faria e Recena (2020).

Além disso, as respostas dos sujeitos K8 (Questão 1), K5 (Questão 4) e K1 (Questão 5) revelaram a presença do obstáculo substancialista, amplamente presente na teoria ácido-base e reforçado por materiais didáticos, conforme Lopes (2007). Silva et al. (2014) apontam que livros didáticos frequentemente apresentam propriedades ácidas e básicas como dependentes exclusivamente da presença de

íons hidrogênio (H^+) ou íons hidroxila (OH^-), desconsiderando variações como sais ácidos, básicos e óxidos.

Brown et al. (2005) asseveram: “Desde os tempos primordiais, os cientistas identificam os ácidos e as bases por suas propriedades características” (p. 565). Os ácidos são tidos como substâncias azedas e as bases com sabor adstringente, ou seja, aparentemente amargo. Adicionalmente, Medeiros et al. (2016) afirmam que o ensino de Ciências foi tomado por essas ideias e perdura até os dias atuais. O entendimento acerca da acidez e basicidade segundo o químico Arrhenius não é apenas baseado nas fórmulas químicas das substâncias, comumente abordado no Ensino Médio, mas sim a reatividade dos compostos com a água. Os estudos das fórmulas são realizados em qualquer inquietação com os sistemas de pensamento que elas venham a somar, no qual não há estímulo para ir além daquilo que é apresentado nos livros didáticos. Em relação a esses assuntos, Bachelard (1996) explica que:

O gosto, como o cheiro, pode dar, ao substancialismo, garantias primeiras que se revelam, mais tarde, verdadeiros obstáculos para a experiência química. Por exemplo, se as funções ácidas e básicas revelaram-se, na evolução final da química, como princípios de coerência muito úteis para uma classificação geral, não se deve esquecer que as propriedades químicas ácidas e básicas foram, de início, tomadas como atributos em relação direta com as sensações gustativas (Bachelard, 1996, p. 148).

Esse obstáculo, aliado à memorização mecânica de fórmulas e nomenclaturas, resulta em uma compreensão superficial. Ao invés de explorar os conceitos fundamentais, os estudantes decoram regras, o que contraria os princípios do novo espírito científico de Bachelard (1996).

Em relação a resposta do sujeito K10 acerca da questão 5 ele afirmou: *Quando muda de cor é certeza ser ácido ou base usando um indicador, mas não lembro das explicações, só do experimento*. Pode-se inferir a existência do obstáculo denominado experiência primeira, pois não soube explicar os aspectos químicos existentes cujo foco principal foi nos aspectos visuais.

De acordo com Bachelard (1996) quando o sujeito é movido pelo novo espírito científico há um desejo em aprender, descobrir novos acontecimentos, curiosidades, estudos, para, imediatamente, ter um melhor embasamento para questionar e se aprofundar no assunto em questão, não se limitando a apenas uma área do saber. O professor, peça fundamental no ensino, deve assumir uma postura investigativa, ser conciliador no âmbito escolar em detrimento da reflexão na ação, no momento efetivo da sua prática docente.

Quando os estudantes forem indagados sobre os acontecimentos numa experimentação saibam explicar cientificamente os conceitos apresentados e até mesmo descobertos, que não se resume a apenas rostos de espanto

e admiração dos outros. Importante extrair os aspectos microscópicos dos macroscópicos. É importante ao final das atividades práticas o desenvolvimento de atividades que envolvam reflexões acerca do que foi realizado.

Adicionalmente, o obstáculo generalização foi identificado na resposta do sujeito K6: *Todos os ácidos são azedos, como limão e tangerina, e podem ser consumidos*. Segundo Bachelard (1996), “há de fato um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil. [...] Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica” (p. 69).

A generalização inadequada dificulta a aplicação de conceitos gerais a situações específicas, limitando a compreensão dos estudantes. A experimentação e a contextualização, como a análise do impacto dos ácidos no cotidiano, podem auxiliar na superação desse obstáculo.

Estudos complementares reforçam a prevalência dos obstáculos epistemológicos. Reis e Kiouranis (2013) identificaram generalizações equivocadas relacionadas à velocidade das reações químicas, enquanto Fagundes et al. (2021) observaram obstáculos como experiência primeira, animista e substancialista no ensino de radioatividade. Esses achados corroboram a necessidade de atividades contextualizadas que promovam uma visão crítica e científica.

Mortimer (1996) argumenta que a mudança conceitual ocorre por meio da reorganização gradual de saberes, muitas vezes mediada por conflitos cognitivos que desestabilizam concepções prévias. Já Pozo e Crespo (2009) reforçam que essa transição requer estratégias que conectem os conhecimentos cotidianos dos estudantes ao saber científico, promovendo uma reconstrução significativa.

É fundamental que o erro, frequentemente estigmatizado, seja valorizado como parte do processo de aprendizagem. Bachelard (1996) argumenta que o erro é essencial para o avanço do conhecimento científico, desde que seja utilizado como um ponto de partida para reflexões e reordenações conceituais. A próxima seção detalha a aplicação prática das atividades desenvolvidas com base nas discussões realizadas.

6.2. Etapa 2: Finalização da Sequência Didática

De acordo com Brown et al. (2005), “historicamente, os químicos têm procurado relacionar as propriedades de ácidos e bases às suas composições e estruturas moleculares” (p. 566). Trabalhos como Baptista et al. e Costa et al. (2019) sugerem a elaboração e aplicação de sequências didáticas que promovam o dinamismo e a contextualização na área de Ciências, aproximando os conteúdos da realidade dos estudantes. Esses conjuntos de atividades podem ser direcionados à superação dos obstáculos epistemológicos, como no caso desta pesquisa, sendo aplicados após a identificação e, posteriormente, a fragilização e/ou o contorno deles.

Conforme os estudos apresentados, a proposição de situações-problema durante o desenvolvimento das

atividades é fundamental para o processo de fragilização dos obstáculos, já que promove questionamentos e reflexões. Nas aulas, é importante evitar uma abordagem centrada apenas nas definições clássicas de ácidos e bases de Arrhenius, priorizando uma compreensão mais abrangente dos óxidos e suas reações, especialmente no contexto da Chuva Ácida. Essa estratégia busca facilitar a consolidação dos conceitos químicos.

Lopes (1993b) argumenta que as substâncias e suas propriedades não devem ser tratadas como objetos fixos, definidos exclusivamente por características sensoriais, como cor e sabor, ou por suas transformações isoladas. Essa visão está relacionada ao obstáculo substancialista, ainda presente em materiais didáticos. Santos (2019) também identificou esse obstáculo em livros de Ciências, especialmente na temática da água, além de outros obstáculos. O autor alerta para os riscos de uma linguagem científica inadequada no cotidiano dos estudantes, destacando que analogias e metáforas mal aplicadas podem consolidar esses subterfúgios pedagógicos.

Após a análise inicial dos obstáculos observados, as aulas expositivas e dialogadas sobre o tema proposto foram conduzidas ao longo de um mês, com três encontros semanais no contraturno, totalizando 10 horas de

atividades. Cada aula teve duração aproximada de 50 minutos.

Durante essa etapa, foi apresentada a seguinte situação-problema para estimular a elaboração de hipóteses e a experimentação, alinhando-se à fase de fragilização descrita por Astolfi (1994): *“Explique, por meio de um experimento, a razão pela qual plantas ou flores talvez possam mudar de cor quando em contato com a Chuva Ácida”*. Ressalta-se que nem todas as flores e plantas podem mudar de cor, logo foi utilizado a planta *Ixorachinensi*, popularmente conhecida como *Ixora-chinesa* ou *alfinete gigante*, para o efeito desejado.

A partir do contexto da investigação proposta, cabe ao professor identificar, levantar, discutir e refutar as hipóteses formuladas pelos estudantes através de observações ou experimentações para que se tenha a consolidação dos saberes químicos, confirmando ou redirecionando as hipóteses em prol do objeto de estudo, sem perder a veracidade dos fatos científicos.

A experimentação, nesse sentido, adquire relevância ao se conectar com os conhecimentos prévios dos estudantes, facilitando o processo de ensino e aprendizagem. Hodson (1988) aponta que essa abordagem construtivista do ensino envolve quatro etapas essenciais, como mostra a Figura 3:

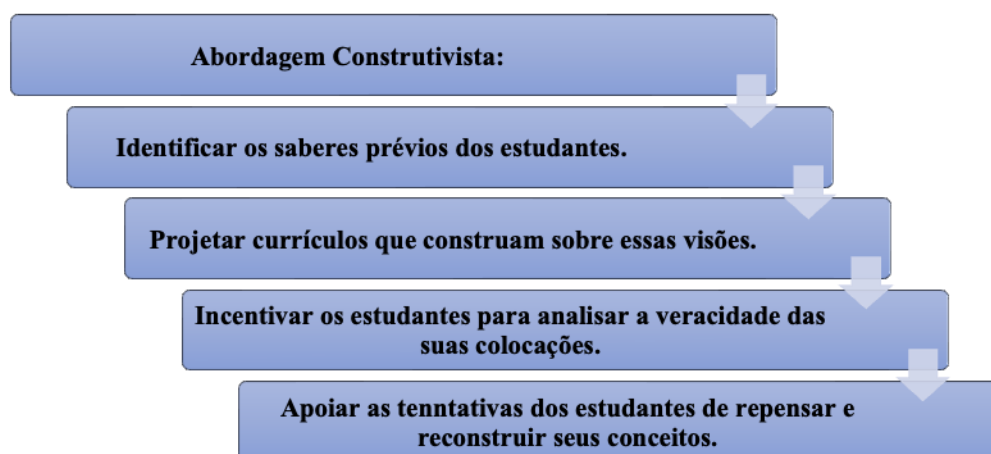


Figura 3 - Passos principais dessa abordagem para o ensino. Fonte: Autoria própria (2023).

Os estudantes, divididos em equipes e com a mediação do professor, chegaram à conclusão de que poderiam diminuir o pH (potencial hidrogeniônico) da água ao reagí-la com o gás dióxido de enxofre (SO_2), um dos óxidos responsáveis pela formação do ácido. Para formar essa substância, era necessário queimar enxofre em pó, material este disponível no laboratório da escola.

Especificamente, a queima de enxofre na presença de oxigênio forma o dióxido de enxofre, que reage com a água e forma o ácido sulfuroso (H_2SO_3). Já o ácido sulfúrico (H_2SO_4) é formado pela reação do trióxido de enxofre com a água. Essas reações foram discutidas de forma mais detalhada na lousa após o experimento. Ademais, o enxofre foi colocado dentro de um clipe moldado pelos estudantes para usar como superfície.

Para que os estudantes visualizassem a formação do ácido, usaram uma solução contendo a base hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,01 molar, com uma gota do indicador sintético de ácido e base chamado de fenolftaleína, ocasionando a formação da cor rósea. Usaram também um pedaço da planta. Segue a Figura 4 com a elaboração do experimento:



Figura 4 - Execução do experimento. Fonte: Autoria própria (2023).

A reação foi constatada a partir do desaparecimento da cor inicial mediante à formação do ácido, que aumentou a acidez da água assim como destrói progressivamente a planta dentro do béquer de 50 mL, vidraria em formato de um copo (Brown et al., 2005). De acordo com Birch (2018), “os químicos medem a concentração dos ácidos usando a escala de pH” (p. 48). Logo o pH verificado, conforme as discussões, é menor que 7, pois acima desse valor a substância seria básica. Na Figura 5 pode-se observar essa mudança:



Figura 5 - Formação do ácido sulfúrico. Fonte: Autoria própria (2023).

As reações químicas que envolvem as formações dos ácidos que diminuem bruscamente o pH da água, especialmente a do experimento, foram registradas no quadro com a ajuda dos estudantes, abrangendo os

conceitos de ácidos, bases e óxidos, além de revisitar as causas e consequências da Chuva Ácida. As explicações oferecidas foram consistentes com a literatura científica e evidenciaram ressignificação de saberes, possibilitadas pelas aulas iniciais e pela experimentação realizada.

A análise das discussões revelou superações parciais de alguns obstáculos epistemológicos. Por exemplo, os estudantes que inicialmente apresentaram o obstáculo animista, como na fala que atribuiu sentimentos às substâncias (K1: *Os ácidos são felizes porque neutralizam as bases*), passaram a explicitar que a reação de neutralização ocorre devido à transferência de íons H^+ e OH^- , resultando na formação de sal e água, sem antropomorfizações. Isso demonstra que as atividades experimentais e discussões teóricas ajudaram a reestruturar as concepções iniciais.

Além disso, o obstáculo geral, evidenciado pela associação de propriedades ácidas e básicas exclusivamente ao sabor ou características sensoriais (K6: *Todos os ácidos são azedos, como limão e tangerina*), foi trabalhado durante a aula prática juntamente com a discussão coletiva sobre a atividade. A formação do ácido sulfúrico foi utilizada como exemplo, considerando seu caráter tóxico e corrosivo, que impede seu consumo, desmistificando, assim, a afirmação apresentada. O uso de indicadores químicos e a análise das reações com óxidos contribuíram para que os estudantes entendessem os conceitos de acidez e basicidade de maneira mais abrangente, considerando as interações químicas e suas representações.

A presença do obstáculo experiência primeira, identificado em respostas como a de K10 (*Quando muda de cor é certeza ser ácido ou base usando um indicador, mas não lembro das explicações, só do experimento*), foi abordada por meio de reflexões promovidas após as atividades práticas. Nessas reflexões, os estudantes foram incentivados a relacionar os aspectos visuais do experimento aos conceitos microscópicos subjacentes, como as reações químicas envolvidas.

A utilização do laboratório foi um elemento essencial para promover a integração entre teoria e prática, pois as atividades realizadas nesse ambiente, de forma colaborativa, fomentaram o compartilhamento de conhecimentos entre os estudantes, facilitando o desenvolvimento das atividades propostas. As observações dos estudantes durante as experimentações demonstraram que a colaboração em equipe favoreceu a troca de ideias, desconstrução de conceitos equivocados e a consolidação de aprendizagens mais significativas.

Baptista et al., (2020) destacam que atividades investigativas contribuem significativamente para a produção e modificação de significados no âmbito escolar. Além disso, essas atividades permitem interligar saberes prévios com os adquiridos durante as experiências, promovendo uma aprendizagem significativa por meio da identificação de semelhanças e diferenças com as vivências pessoais dos estudantes (Medeiros et al., 2016; Moreira, 1999).

De acordo com Mortimer (1996), dispositivos de aprendizagem que promovem a interação entre teoria e prática são cruciais para a ressignificação de conceitos no ensino de Ciências. Pozo e Crespo (2009) complementam que essas estratégias devem fomentar a reflexão crítica, permitindo que os estudantes questionem e reconstruam suas concepções iniciais.

Posteriormente, foi apresentado aos estudantes um mapa conceitual elaborado através do *software* gratuito *Cmap Cloud*, conforme apresentado na Figura 6. Essa ferramenta é um recurso de aprendizagem que permite ao estudante conciliar, integrar e diferenciar conceitos (Moreira, 2011). Ademais, corrobora para facilitar a organização das ideias adquiridas e a estabelecer relações mais amplas entre os conceitos abordados.

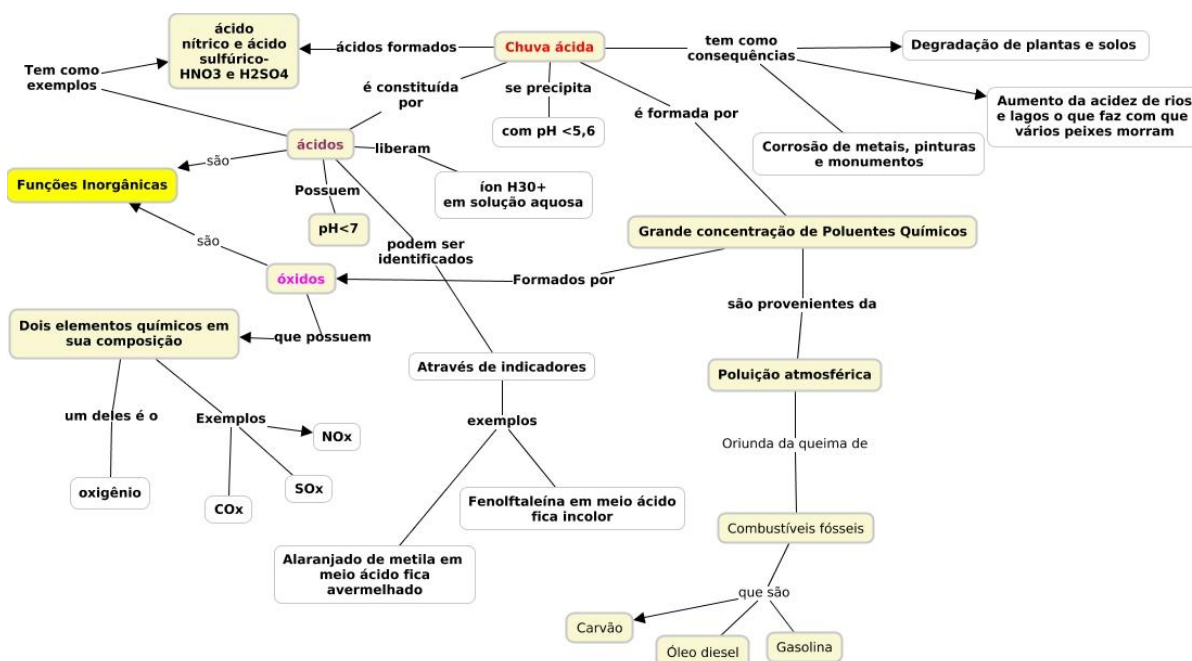


Figura 6 - Mapa elaborado como atividade. Fonte: Autoria própria (2023).

Inicialmente, a proposta previa a elaboração de textos individuais pelos estudantes com a ajuda do mapa. Contudo, a decisão coletiva de construir os textos em equipe foi acolhida, em consonância com a BNCC (2018), que valoriza a diversidade de saberes e o trabalho colaborativo, promovendo autonomia, responsabilidade e cidadania. Essa dinâmica permitiu que os estudantes consolidassem conceitos por meio de interações que fortaleceram a aprendizagem e o elo com os professores.

Nos textos elaborados, foram utilizados os conceitos propostos no mapa assim como outros abordados durante as atividades e reflexões sobre os fenômenos estudados, evidenciando ressignificação conceitual. Os textos reforçam as falas realizadas durante as discussões após a experimentação, como por exemplo o fato de que não se pode generalizar que todas as bases possuem sabor adstringente e que devem ter em sua composição a presença da hidroxila. O texto elaborado por outra equipe afirmou que nem todos os ácidos apresentam características como sabor azedo ou toxicidade, destacando que essas propriedades não são universais e variam conforme a natureza química e a concentração do ácido em questão.

O questionário pós-teste, composto pelas mesmas perguntas do pré-teste, foi aplicado para avaliar a evolução do aprendizado durante esse processo. Os resultados

demonstraram avanços significativos para uma possível superação dos obstáculos epistemológicos. Por exemplo, o número de respostas classificadas como adequadas aumentou substancialmente, especialmente nas questões relacionadas aos óxidos e suas reações. Outro ponto a ser destacado é que as respostas dadas nas discussões em sala durante e após o experimento foram também colocadas nas respostas do pós-teste pelos estudantes, colaborando para um avanço do saber científico. De acordo com Medeiros et al. (2016):

A importância da promoção da aprendizagem efetiva e duradoura, portanto, se dá por meio da compreensão do aprender como superação dos conceitos previamente construídos, em que conhecimentos oriundos do senso comum e conhecimentos científicos são reorganizados, constituindo o conhecimento escolar por meio de estratégias adotadas pelo professor com vistas à transposição didática (Medeiros et al., 2016, p. 76).

Consoante Moreira (2011), os mapas conceituais são ferramentas que facilitam a integração e diferenciação de conceitos, contribuindo também para a promoção de uma aprendizagem significativa. A análise dos resultados do pós-teste indica que a articulação entre as atividades experimentais, discussões teóricas e o uso do mapa para a elaboração do texto foi eficaz para fomentar avanços no

entendimento dos conceitos trabalhados, alinhando-se às propostas metodológicas desta pesquisa.

Além da análise dos questionários pré e pós-teste, o diário de campo foi utilizado como ferramenta para registrar observações durante a aplicação das atividades propostas. Isso permitiu documentar as interações entre os estudantes, suas dúvidas, os momentos de maior engajamento e as estratégias adotadas para mitigar os obstáculos epistemológicos. As anotações do diário mostraram que os estudantes se sentiram mais confiantes em expor suas ideias ao longo do processo, especialmente nas discussões em grupo e nos momentos de experimentação. Também foi essencial para identificar os avanços individuais e coletivos, bem como para ajustar a condução das aulas de acordo com as necessidades da turma.

Embora os resultados tenham demonstrado avanços significativos, conforme destacado por Astolfi e Develay (1995), a superação completa dos obstáculos epistemológicos não pode ser garantida e, em alguns casos, nem sempre é desejável. Obstáculos como o animista, o substancialista e a experiência primeira foram mitigados em diversos aspectos, mas traços dessas concepções ainda podem aparecer, o que corrobora a visão de Bachelard (1996) de que o avanço no pensamento científico é um processo gradual e contínuo. O papel do professor, nesse contexto, é atuar como mediador, ajudando os estudantes a reorganizar os saberes por meio de dispositivos de aprendizagem adaptados, conforme Moreira (2011), sem impor conceitos, mas promovendo reflexões críticas.

Por fim, a aplicação do questionário pós-teste revelou evolução significativa, com os estudantes respondendo corretamente às questões propostas, demonstrando um melhor entendimento dos conceitos trabalhados. Essa progressão reflete a reorganização dos saberes, que, segundo Medeiros et al. (2016), ocorre ao superar os conceitos prévios e integrar conhecimentos do senso comum e da ciência escolar por meio de estratégias pedagógicas eficazes.

A mudança conceitual é um processo gradual e raramente resulta na erradicação completa de entraves na aprendizagem (Mortimer, 1996). Além disso, Pozo e Crespo (2009) ressaltam que estratégias didáticas devem considerar o contexto cotidiano dos estudantes, promovendo sua participação ativa e protagonismo no processo de aprendizagem.

Além disso, o tema da Chuva Ácida foi contextualizado no âmbito social e ambiental, promovendo discussões que foram além dos conceitos químicos, abordando a relevância de ações mitigativas para minimizar os impactos ambientais, como preconizado por Silva (2019). Essas discussões estão alinhadas ao que a BNCC (Brasil, 2018) estabelece em relação à formação de cidadãos críticos, ativos e responsáveis, capacitados a compreender e intervir na sociedade de maneira ética e sustentável.

A abordagem adotada reforça a importância de estratégias didáticas que reconheçam os limites da superação total dos subterfúgios pedagógicos, mas que promovam, dentro do

possível, a reflexão e o avanço progressivo no entendimento dos conceitos científicos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar obstáculos epistemológicos, conforme o conceito introduzido por Gaston Bachelard, que se referem a entraves no avanço do saber científico, além de desenvolver e aplicar uma sequência didática fundamentada na experimentação para mitigar ou minimizar tais obstáculos no estudo das funções inorgânicas ácidos, bases e óxidos. Esses obstáculos, que incluem a experiência primeira, o animista, o substancialista e o conhecimento geral, foram identificados a partir das concepções iniciais dos estudantes e trabalhados no contexto do tema gerador Chuva Ácida, de forma a privilegiar o dinamismo, a dialogicidade e a reflexão.

O reconhecimento da existência desses obstáculos, muitos deles oriundos do senso comum ou de abordagens inadequadas nas aulas, é essencial para que o professor planeje atividades que possibilitem a sua minimização e, em alguns casos, superação. No entanto, a superação completa nem sempre é possível ou desejável, sendo mais relevante promover a reorganização gradual dos saberes, em um processo contínuo de aprendizagem. Nesse contexto, o papel do professor é construir dispositivos de aprendizagem que integrem os conhecimentos prévios dos estudantes aos saberes científicos, tornando-os protagonistas do processo.

A presença de obstáculos epistemológicos não significa incapacidade dos estudantes em compreender os conteúdos, mas aponta para a necessidade de práticas pedagógicas que promovam a desconstrução de informações mal fundamentadas e a ressignificação de conceitos. Os resultados obtidos indicam que a sequência didática proposta foi eficaz na promoção de avanços conceituais e reflexivos, além de possibilitar a ressignificação de conceitos relacionados à temática trabalhada. Ainda que a superação completa dos obstáculos não tenha sido garantida, o processo investigativo e reflexivo promovido pelas atividades demonstrou um impacto positivo no entendimento e na aprendizagem dos estudantes.

É imprescindível que o ensino de Ciências priorize metodologias que valorizem o envolvimento ativo e reflexivo do estudante, superando abordagens passivas e despertando o interesse pelos conteúdos trabalhados. A experimentação, quando conduzida com um viés investigativo e sem respostas prontas, colabora para o desenvolvimento de habilidades críticas e autônomas, alinhando-se ao que preconiza a BNCC. Assim, atividades como as desenvolvidas neste estudo podem ser replicadas ou adaptadas dentro da temática proposta, contribuindo para minimizar entraves e fomentar um aprendizado mais significativo e conectado ao novo espírito científico proposto por Bachelard (1996).

Por fim, espera-se que este trabalho inspire novos estudos e propostas pedagógicas que integrem reflexão crítica,

experimentação e interdisciplinaridade, ampliando as possibilidades de superação ou minimização dos obstáculos epistemológicos e fortalecendo a construção do saber científico no ambiente escolar.

8. REFERÊNCIAS

- Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, em el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 206-216.
- Astolfi, J. P., e Develay, M. (1995). *A Didática das Ciências*. Papirus.
- Bachelard, G. (1971). *A Epistemologia*. O saber da Filosofia. Edições 70.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Editora Contraponto.
- Baptista, C. M. F., Lawall, I. T., e Clement, L. (2020). Significados produzidos por estudantes do ensino médio sobre fenômeno das marés em aulas investigativas. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 15 (1), 33-49.
- Birch, H. (2018). *50 ideias de química que você precisa conhecer*. Tradução de Helena Londres. Planeta do Brasil.
- Bulcão, M. (2009). *O Raciocínio da Ciência contemporânea: Introdução ao pensamento de Gaston Bachelard*. Ideais & Letras.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_sit_e.pdf
- Brown, T., Lemay, H. E., e Bursten, B. E. (2005). *Química: a ciência central*. Prentice-Hall.
- Costa, A. F. S., Júnior, A. J. V., e Gobara, S. T. (2019). Ensino de biologia celular por meio de modelos concretos: um estudo de caso no contexto da deficiência visual. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 14 (2), 50-62.
- Fagundes, J. V. F., Zara, K. R de F., e Oliveira, M. M. (2021). Identificando obstáculos epistemológicos no ensino de radioatividade. *Revista Valore*, 6, 968-976.
- Faria, A. G. V; Recena, M. C. P. (2020). *Superação de um obstáculo epistemológico*. Appris.
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed.
- Hodson, D. (1988). Experimentos na ciência e no ensino de ciências. *Educational philosophy and theory*, 20 (2), 53-66.
- Leão, D. F., Santos, T. M. M., e Souza, R. R de. (2020). O olhar do aluno sobre o contexto do estudo da química e da possibilidade de transformação. *Revista de Educação Pública*, 29 (1), 1-20.
- Lôbo, S. F. (2008). O ensino de Química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação*, 14 (1), 89-100.
- Lopes, A. R. C. (2007). *Currículo e Epistemologia*. Editora Unijuí.
- Lopes, A. R. C. (1993a). Historia y Epistemologia de Las Ciencias. *Revista Ciência e Educação*, 11 (3), 324-330.
- Lopes, A. R. C. (1992). Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência Química. Obstáculos Animistas e Realista. *Química Nova*, 15 (3), 254-261.
- Lopes, A. R. C. (1993b). Livros Didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da Ciência Química. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 74 (177), 309- 334.
- Medeiros, C. E., Rodriguez, R. C. M. C., e Silveira, D. N. (2016). *Ensino de Química: superando obstáculos epistemológicos*. Appris.
- Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. Livraria da Física.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem Significativa*. Editora Universidade de Brasília.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/645>.
- Pozo, J. I., e Crespo, M. A. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico* (5ª ed.). Artmed.
- Prudêncio, M. E. D. (2017). *Contribuições para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem da cinemática no Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- Reis, J. M. C., e Kiouranis, N. M. M. (2013). Identificando obstáculos epistemológicos em conteúdos de cinética Química. *Enseñanza de las ciencias*, (Edição Extra).

Santos, N. Q. dos. (2019). *Obstáculos Epistemológicos de Bachelard: Análise do tema água em livros didáticos de ciências do sexto ano do Ensino Fundamental*. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Brasil.

Silva, R. S. (2019). *Caminhos de reação: uma sequência didática para o processo de ensino e aprendizagem de taxa de desenvolvimento da reação*. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional - PMPQRN). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

Silva Júnior, W. A.; Pires, D. A. T. (2019). A química dos refrigerantes em uma abordagem experimental e contextualizada para o ensino médio. *Scientia Plena*, 15 (3), 1-13.

Silva, L. A., Larentes, A. L., Caldas, L. A., Ribeiro, M. G. L., Almeida, R. V., e Herbst, M. H. (2014). Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino da funções inorgânicas. *Conceitos científicos em destaque*, 36 (4), 261-268.

Silveira, F. A., Vasconcelos, A. K. P., Almeida, S. N., e Santos Neto, M. B. (2019). Investigação dos obstáculos epistemológicos no ensino de química: uma abordagem no tópico modelos atômicos. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 9 (1), 31-46.

Soares, M. H. S. (2017). O aspecto social das ciências e a defesa da educação: Uma leitura contemporânea da epistemologia histórica de Gaston Bachelard. *Em Construção*, 1 (1), 51-68.

Trindade, D. J., Nagashima, L. A., e Andrade, C. C. (2019). Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de bachelard. *Brazilian Journal of Development*, 5 (10), 17829-17843.

Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., Cevedo Díaz, J.A., e Cevedo-Pomero, P. (2008). Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. *Química Nova na Escola*, São Paulo, 27, 34-50.

Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Bookman.

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NOS CONCEITOS DE ÁCIDOS, BASES E ÓXIDOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Felipe Alves Silveira ¹, Ana Karine Portela Vasconcelos ² e Albino Oliveira Nunes ³

felipesilveiraquimica@gmail.com, karine_portela@hotmail.com, albino.ifrn@gmail.com

¹IFCE, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, avenida 13 de maio, 2081, Benfica, Fortaleza - CE, Brasil.

²IFCE, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Paracuru, rua 10, Paracuru, s/n, Fortaleza - CE, Brasil.

³IFRN, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Mossoró, rua Raimundo Firmino de Oliveira, 400, Mossoró - RN, Brasil.

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo investigar a presença de obstáculos epistemológicos que dificultam a compreensão do saber científico, configurando-se como entraves que cristalizam o pensamento e limitam o progresso na aprendizagem científica. Para abordar essas dificuldades, foi desenvolvida uma sequência didática centrada nos conceitos de ácidos, bases e óxidos, fundamentados nos estudos do químico sueco Svante Arrhenius, com o tema gerador Chuva Ácida e enfoque na experimentação. O trabalho utiliza como referencial teórico os pressupostos epistemológicos de Gaston Bachelard e Jean-Pierre Astolfi, com base em uma pesquisa qualitativa de estudo de caso realizada com estudantes da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. O Ensino de Química deve promover o desenvolvimento da criticidade, reflexão e tomada de decisões no contexto social, incentivando os estudantes a expressarem suas ideias alinhadas ao saber científico. Os dados obtidos identificaram a presença de quatro obstáculos epistemológicos principais: experiência primeira, generalização, animista e substancialista. As aulas teóricas, interligadas à experimentação e às atividades investigativas, demonstraram ser eficazes na ressignificação de conceitos e na minimização dos entraves identificados, contribuindo para um ensino dinâmico e reflexivo. Os resultados indicam que as práticas pedagógicas fundamentadas em métodos investigativos e baseadas no protagonismo estudantil são ferramentas poderosas para superar modelos tradicionais de ensino e promover a compreensão científica. Além disso, a sequência didática proposta mostrou-se uma alternativa didática eficaz, que pode ser utilizada por outros professores como recurso para o ensino de conceitos científicos no âmbito escolar, reforçando a relevância de metodologias que integrem teoria, prática e reflexão crítica.

Palavras-chave: Gaston Bachelard, Obstáculos epistemológicos, Ensino de Química.

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EN LOS CONCEPTOS DE ÁCIDOS, BASES Y ÓXIDOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo investigar la presencia de obstáculos epistemológicos que dificultan la comprensión del conocimiento científico, constituyendo barreras que cristalizan el pensamiento y limitan el progreso en el aprendizaje científico. Para abordar estas dificultades, se desarrolló una secuencia didáctica centrada en los conceptos de ácidos, bases y óxidos, fundamentada en los estudios del químico sueco Svante Arrhenius, utilizando el tema generador Lluvia Ácida y con énfasis en la experimentación. El marco teórico se basa en los presupuestos epistemológicos de Gaston Bachelard y Jean-Pierre Astolfi, en una investigación cualitativa de

estudio de caso realizada con estudiantes del primer año de la educación secundaria de una escuela pública en Fortaleza, Ceará, Brasil. La enseñanza de la química debe promover el desarrollo del pensamiento crítico, la reflexión y la toma de decisiones en el contexto social, incentivando a los estudiantes a expresar sus ideas alineadas con el conocimiento científico. Los datos obtenidos identificaron la presencia de cuatro obstáculos epistemológicos principales: primera experiencia, generalización, animista y sustancialista. Las clases teóricas, integradas con la experimentación y las actividades investigativas, demostraron ser efectivas en la resignificación de conceptos y la minimización de las barreras identificadas, contribuyendo a un enfoque de enseñanza dinámico y reflexivo. Los resultados indican que las prácticas pedagógicas basadas en métodos investigativos y en el protagonismo estudiantil son herramientas poderosas para superar los modelos tradicionales de enseñanza y fomentar la comprensión científica. Además, la secuencia didáctica propuesta se mostró como una alternativa eficaz que puede ser adoptada por otros profesores como un recurso para la enseñanza de conceptos científicos en las escuelas, reforzando la relevancia de metodologías que integren teoría, práctica y reflexión crítica.

Palabras clave: Gaston Bachelard, Obstáculos Epistemológicos, Enseñanza de la Química.

IDENTIFYING AND ANALYSIS EPISTEMOLOGICAL OBSTACLES IN THE CONCEPTS OF ACIDS, BASES AND OXIDES IN CHEMISTRY TEACHING

Abstract

This research aims to investigate the presence of epistemological obstacles that hinder the understanding of scientific knowledge, constituting barriers that crystallize thought and limit progress in scientific learning. To address these difficulties, a didactic sequence was developed focusing on the concepts of acids, bases, and oxides, based on the studies of the Swedish chemist Svante Arrhenius, using the Acid Rain theme as a generator and emphasizing experimentation. The theoretical framework relies on the epistemological principles of Gaston Bachelard and Jean-Pierre Astolfi, underpinned by a qualitative case study conducted with first-year high school students from a public school in Fortaleza, Ceará, Brazil. Chemistry teaching must foster critical thinking, reflection, and decision-making in a social context, encouraging students to express their ideas aligned with scientific knowledge. The data identified four main epistemological obstacles: first experience, generalization, animistic, and substantialist. The theoretical lessons, integrated with experimentation and investigative activities, proved effective in reshaping concepts and minimizing the identified barriers, contributing to a dynamic and reflective teaching approach. The results indicate that pedagogical practices grounded in investigative methods and student protagonism are powerful tools to overcome traditional teaching models and enhance scientific understanding. Furthermore, the proposed didactic sequence proved to be an effective alternative, which can be adopted by other teachers as a resource for teaching scientific concepts in schools, emphasizing the importance of methodologies that integrate theory, practice, and critical reflection.

Keywords: Gaston Bachelard, Epistemological Obstacles, Chemistry Teaching.

IDENTIFICATION ET ANALYSE DES OBSTACLES ÉPISTÉMOLOGIQUES DANS LES CONCEPTS D'ACIDES, DE BASES ET OXYDES DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE

Résumé

Cette recherche a pour objectif d'investiguer la présence d'obstacles épistémologiques qui entravent la compréhension des savoirs scientifiques, constituant des barrières qui cristallisent la pensée et limitent le progrès de l'apprentissage scientifique. Pour aborder ces difficultés, une séquence didactique a été développée, centrée sur les concepts des acides, bases et oxydes, fondée sur les études du chimiste suédois Svante Arrhenius, en utilisant le thème générateur Pluies Acides et en mettant l'accent sur l'expérimentation. Le cadre théorique repose sur les principes épistémologiques de Gaston Bachelard et Jean-Pierre Astolfi, dans le cadre d'une recherche qualitative basée sur une étude de cas menée avec des élèves de première année du lycée dans une école publique de Fortaleza, Ceará, Brésil. L'enseignement de la chimie doit favoriser le développement de la pensée critique, de la réflexion et de la prise de décision dans un contexte social, en encourageant les élèves à exprimer leurs idées en adéquation avec les savoirs scientifiques. Les données obtenues ont permis d'identifier quatre principaux obstacles épistémologiques : première expérience, généralisation, animiste et substantialiste. Les cours théoriques, intégrés à l'expérimentation et aux

activités d'investigation, se sont révélés efficaces pour la redéfinition des concepts et la minimisation des obstacles identifiés, contribuant à une approche pédagogique dynamique et réflexive. Les résultats indiquent que les pratiques pédagogiques fondées sur des méthodes d'investigation et sur le rôle actif des élèves sont des outils puissants pour dépasser les modèles traditionnels d'enseignement et renforcer la compréhension scientifique. En outre, la séquence didactique proposée s'est avérée être une alternative efficace, pouvant être adoptée par d'autres enseignants comme ressource pour l'enseignement des concepts scientifiques dans les écoles, soulignant l'importance de méthodologies qui intègrent théorie, pratique et réflexion critique.

Mots clés: Gaston Bachelard, Obstacles épistémologiques, enseignement de la chimie.

1. INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência que transcende os limites dos laboratórios e da produção industrial, estando profundamente enraizada na rotina humana em diversas manifestações. Seja no preparo de alimentos, no uso de cascas de ovos e frutas como fertilizantes ou na ignição de um fósforo, sua essência é desvelar os mistérios da matéria, suas transformações e as energias envolvidas nesses processos (Brown et al., 2005). No entanto, o ensino dessa disciplina enfrenta desafios significativos, especialmente relacionados à maneira como os conteúdos são apresentados, frequentemente de forma descontextualizada e pouco atrativa ao estudante.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), o ensino de Química deve capacitar os estudantes a analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos para promover soluções que minimizem impactos socioambientais e promovam uma sociedade mais consciente. Apesar dessa diretriz, é comum que os alunos percebam a Química como uma disciplina distante, limitada à memorização de conceitos e à realização de experimentos desconexos, contribuído para a falta de significado e interesse na aprendizagem (Leão et al., 2020; Medeiros et al., 2016; Silva, 2019). Tais aspectos estão interligados ao modelo tradicional de ensino, que coloca o estudante como receptor passivo e o professor como a fonte do conhecimento dentro do processo de ensino e aprendizagem, em que há ênfase na instrução formal.

O professor já traz todo o conteúdo pronto, predefinido, que constitui o próprio fim da existência escolar no qual o estudante é um mero ouvinte. Conforme Hodson (1988) essa abordagem assume que o conhecimento científico é absoluto, logo não há a necessidade de existir uma problematização para a apreensão do conteúdo. Os conhecimentos prévios dos estudantes não são levados em consideração e o professor é apontado como o único detentor do saber. O estudante limita-se à ouvi-lo, sem criticidade e tampouco dialogicidade.

Faz-se necessária a elaboração de atividades que visem a construção do saber científico, considerando o estudo da Química como possibilidade para o desenvolvimento de uma visão crítica do mundo e de condições para solucionar diversos problemas do dia a dia, e, para tal, o estudante não deve ser tratado como um trivial ser que retém os saberes completamente prontos (Bachelard, 1971; Leão et al., 2020; Moreira, 2011; Silva e Ferri; 2020).

A construção do saber científico pode basear-se em observações diárias, situando o sujeito cognoscente no

confronto de aspectos vivenciados em sua realidade, rompendo com conhecimento axiomático (Lôbo, 2008). Bachelard (1971) assevera que é importante validar as percepções do sujeito em detrimento da literatura, ressaltando o cuidado com a utilização de recursos didáticos com atrativos visuais ou analogias, pois estes podem deixar lacunas no entendimento. Ou seja, os estudantes podem apenas ficar encantados ou ter um olhar cartesiano sobre o produto utilizado.

Gaston Bachelard (1884-1962), filósofo francês, alerta sobre o uso inapropriado de analogias e metáforas no ensino de Ciências e introduz a noção de obstáculo epistemológico como um entrave na aprendizagem e na formação do conhecimento científico. Em sua obra, intitulada “A formação do espírito científico” (em francês, *La formation de L'esprit scientifique*), contempla uma discussão sobre a temática, tanto do ponto de vista filosófico quanto científico.

Esse tipo de subterfúgio pedagógico deve ser evitados e/ou identificado, pois pode gerar discussões inverídicas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem, o que culmina na construção destes obstáculos. Segundo Trindade et al. (2019) a superação desses obstáculos é primordial para que haja a evolução do espírito científico, e isto deve começar a partir de aulas com discussões científicas apropriadas, visando a construção adequada do conhecimento.

Novas práticas de ensino podem ser adotadas no âmbito escolar para diversificar as aulas, no intuito de desconstruir esses obstáculos. Uma dessas práticas é o uso da experimentação, que promove o estudante enquanto sujeito ativo, protagonista na construção do seu conhecimento. Isto pode ser evidenciado, por exemplo, no trabalho do Silva Júnior e Pires (2019).

No âmbito do ensino de Química, o estudo das funções inorgânicas ácidos, bases e óxidos se destaca como uma oportunidade para abordar temas transversais de grande relevância, como o meio ambiente e a Chuva Ácida. Essas funções não apenas apresentam uma complexa interrelação química, mas também ilustram as consequências da intervenção humana nos sistemas naturais, permitindo discussões que estimulam a criticidade e a responsabilidade socioambiental (Leão et al., 2020).

Diante desse cenário, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: “Como os obstáculos epistemológicos interferem na compreensão dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, e até que ponto uma sequência didática pode

contribuir para sua superação?” Esse questionamento norteia a investigação e é retomado nas considerações finais para avaliar os resultados alcançados.

Assim, o objetivo deste trabalho é investigar a presença de obstáculos epistemológicos que dificultam a compreensão científica dos conceitos de ácidos, bases e óxidos. Para isso, propõe-se uma sequência didática baseada nos estudos de Gaston Bachelard e Jean-Pierre Astolfi, com atividades experimentais que abordam o fenômeno da chuva ácida.

Especificamente, busca-se identificar os principais obstáculos epistemológicos presentes nas concepções dos estudantes, desenvolver estratégias didáticas que favoreçam a reflexão e a compreensão dos conceitos abordados e avaliar os impactos da sequência didática na construção do pensamento científico dos estudantes.

Para isto, adotou-se a metodologia estudo de caso (Yin, 2005), com público-alvo composto por estudantes da primeira série do Ensino Médio, em uma escola pública regular situada na cidade de Fortaleza - CE, Brasil.

Com essa abordagem, espera-se contribuir para um ensino de Química mais significativo, alinhado às diretrizes da BNCC e à formação de cidadãos críticos e conscientes. Essa contribuição será mensurada por meio da análise qualitativa das respostas dos estudantes nos instrumentos aplicados, como questionários e atividades práticas, que permitirão avaliar as mudanças nas concepções e a construção do pensamento científico ao longo da sequência didática.

Nas próximas seções discutimos as ideias do filósofo Gaston Bachelard, assim como os obstáculos evidenciados por ele. Posteriormente, apresentamos o ponto de vista de Astolfi (1994) sobre as etapas para a suplantação destes obstáculos.

2. A EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD NO QUE TANGE À CARACTERIZAÇÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Gaston Bachelard foi um dos principais epistemólogos do século XX, destacando-se por suas contribuições à filosofia da ciência. Seu pensamento foi profundamente influenciado pelas revoluções científicas de sua época, como a Teoria da Relatividade de Einstein e a Mecânica Quântica, que evidenciaram a necessidade de romper com paradigmas científicos tradicionais (Lopes, 1993a). Segundo Bachelard (1996), o desenvolvimento da ciência é marcado por rupturas epistemológicas, ou seja, pela superação de conhecimentos anteriores em favor de novas formas de pensar. Adicionalmente, Soares (2017) acrescenta que:

Bachelard foi professor de Física e Química no Collège de Bar-sur-Aube, entre os anos de 1919 e 1930, e só se licenciou em Filosofia nos anos vinte do século passado. Seu interesse pelas Ciências Naturais o levou a pensar na Educação Básica e em sua relação com o progresso científico. Deste modo, encontra-se em Bachelard uma filosofia preocupada com a formação de todos os alunos para as ciências.

Não se trata da defesa de uma educação puramente técnica, pela qual todo e qualquer aluno deveria ser formado para trabalhar para as ciências, mas, ao contrário, de uma formação que exortasse ao novo espírito científico (Soares, 2017, p. 58-59).

Gaston Bachelard realizou contribuições significativas no campo da história das Ciências, especialmente ao criticar o desenvolvimento contemporâneo da área, frequentemente pautado no senso comum. Essa inter-relação, segundo ele, dificultava o progresso científico de maneira coerente. Além disso, Bachelard apresentou críticas ao realismo ingênuo, ao empirismo, ao positivismo e ao racionalismo cartesiano, todos relacionados aos discursos que fundamentam as práticas científicas (Lopes, 1993b).

O filósofo e poeta francês demonstrava preocupação com as distorções presentes no ensino das Ciências. Ele observava, por vezes, que esse ensino se reduzia a analogias, imagens e fórmulas prontas, enquanto a pesquisa proporcionava apenas um “conhecimento aproximado” (Bulcão, 2009; Medeiros et al., 2016).

Suas obras são amplamente voltadas para questões relacionadas à filosofia da ciência, destacando-se, por exemplo “A formação do espírito científico: contribuição para a psicanálise do conhecimento” (1938), traduzida para a Língua Portuguesa em 1996; “O pluralismo coerente da química moderna” (1932); “O novo espírito científico” (1934); “A filosofia do não” (1940); entre outras.

Bachelard (1996) argumenta que a ciência precisa estar em constante evolução, uma vez que está profundamente entrelaçada com o contexto histórico e cultural, que se transforma ao longo do tempo. Nesse sentido, ele defende que o levantamento de hipóteses e a validação rigorosa dessas devem orientar futuras discussões, oferecendo novos direcionamentos, conceitos e teorias ou reforçando estudos já consolidados.

O “novo espírito científico”, proposto por Bachelard, sugere uma ruptura com a visão científica tradicional, caracterizada por um processo rígido e cartesiano. Em vez disso, valoriza-se uma abordagem mais empírica e dinâmica, afastando-se de uma perspectiva puramente objetiva e neutra. Para o autor, é importante adotar uma postura crítica em relação às conclusões científicas vigentes, incentivando o questionamento constante e a revisão dos estudos, sem se limitar a verdades definitivas (Bachelard, 1996).

No contexto do ensino de Química, o professor pode priorizar uma abordagem fenomenológica, que fomente o espírito de dúvida nos estudantes, em conformidade com o novo espírito científico. É importante destacar que a ciência não deve ser encarada como uma continuidade do senso comum. Nesse sentido, o objetivo não é que os estudantes convivam com duas ideias conflitantes sobre os fenômenos químicos abordados. Em vez disso, os conceitos científicos devem ser apresentados a partir de outros conhecimentos já existentes, promovendo uma cultura científica unificada e desvinculada do senso comum.

O foco deste estudo reside nos saberes adquiridos pelos estudantes, que podem se manifestar como barreiras ao

avanço do conhecimento científico. Esses obstáculos epistemológicos (OE), entendidos como subterfúgios pedagógicos, serão discutidos a seguir.

3. OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS CONSOANTE GASTON BACHELARD

A ciência contemporânea é marcada pelo estudo de teorias mistas, o que leva à construção de simbolismos químicos, como observado em Bachelard (1996) na área da Química. Um exemplo disso é a representação das moléculas de água por meio de ligações covalentes, em que o traço químico que conecta os átomos de hidrogênio e oxigênio (elementos não metálicos), no caso um em cada pois sua fórmula molecular é $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, reflete uma relação abstrata de valência, representando os elétrons envolvidos na ligação. Esses traços, comum nas fórmulas estruturais, simbolizam as valências trocadas (Brown et al., 2005).

Diversas análises sobre o simbolismo químico apontam que o avanço da ciência busca torná-lo cada vez mais adequado a estudos mais complexos. Conforme Bachelard (1996): “o novo simbolismo contém mais pensamento do que o antigo, contém não somente uma verdadeira história dos progressos, mas traz ainda sugestões à pesquisa experimental” (p. 97). As descobertas na Química representam rupturas com o imediato, como a constatação de que a água é formada pela combinação de dois gases, indicando um estudo contínuo e progressivo (Birch, 2018).

No entanto, é importante estar atento a concepções equivocadas dos estudantes sobre temas químicos, pois interpretações errôneas podem gerar obstáculos na aprendizagem. Um exemplo recorrente é a associação entre a imiscibilidade de água e óleo e a densidade, quanto, na realidade, o fenômeno é explicado pela polaridade das moléculas e pelas interações químicas presentes (Brown et al., 2005; Faria e Recena, 2020).

Bachelard (1996) argumenta que é essencial superar a ideia de que o saber científico se distingue do cotidiano apenas por seu grau de complexidade. Ele destaca a importância de uma dinâmica que inclua erro, ruptura e descontinuidade como caminhos para a superação de barreiras, promovendo um rompimento com o senso comum. Segundo Bachelard (1971), “as ciências físicas e químicas, no seu desenvolvimento contemporâneo, podem ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamento que rompem nitidamente o conhecimento vulgar” (p. 18). Essa transformação epistemológica permite a transição do saber comum para o científico.

Os professores devem ter cuidado ao utilizar analogias e metáforas no ensino de Química, pois este uso pode formar entraves à aprendizagem, como evidenciado por Lopes (2007), Prudêncio (2017) e Silveira et al. (2019). Bachelard alertou sobre a má utilização destes recursos no ensino de ciências, introduzindo a noção de obstáculo epistemológico fazendo como uma barreira ao desenvolvimento do pensamento científico (Bulcão, 2009). De acordo com o autor:

Em resumo no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos

centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno. A experiência é feita para ilustrar um teorema (Bachelard, 1996, p. 50).

Segundo Astolfi e Develay (1995), tanto os aspectos microscópicos quanto os macroscópicos podem ser abordados no ensino para facilitar a compreensão do saber científico. No entanto, é relevante que se adote uma metodologia que vá além das práticas tradicionais para abordar esses dois níveis. Na prática pedagógica, esses aspectos são muitas vezes tratados de forma isolada, o que pode resultar em obstáculos epistemológicos e comprometer a aprendizagem (Bachelard, 1971).

Para que haja uma produção e aquisição de conhecimentos coerente e significativa, a formação de conceitos deve ser cuidadosamente planejada, evitando obstáculos que dificultem esse processo. O ensino de Química, em particular, deve priorizar o diálogo, a ação, a reflexão e a formação do espírito científico, elementos indispensáveis para superar barreiras e promover o protagonismo dos estudantes (Leão et al., 2020).

Os professores desempenham um papel crucial na superação desses obstáculos. É fundamental que analisem constantemente suas metodologias de ensino, buscando alternativas que garantam que os estudantes aprendam em consonância com o “novo espírito científico” preconizado por Bachelard. De acordo com Lôbo (2008), essa análise deve incluir tanto as atividades de ensino-aprendizagem quanto as práticas de pesquisa, assegurando que os estudantes sejam expostos a abordagens reflexivas e críticas.

Astolfi e Develay (1995) reforçam que os professores precisam estar preparados para identificar os obstáculos epistemológicos nas concepções dos estudantes e trabalhar para superá-los, considerando as especificidades de cada realidade. Esse preparo exige que os objetivos do planejamento docente sejam cuidadosamente traçados para culminar em ações efetivas. A epistemologia, nesse contexto, deve partir da reflexão sobre a própria ciência, tornando-se, assim, uma ferramenta essencial para expressá-la de maneira adequada.

A ruptura com o saber anterior é um elemento central para o desenvolvimento da razão, pois envolve a reflexão sobre os valores do conhecimento científico. No ensino de Química, essa dinâmica ocorre por meio da formulação de hipóteses, baseadas em uma reflexão prévia que entrelaça teorias, concepções e observações (Bachelard, 1971). Bachelard propunha uma ruptura ideológica com a visão dogmática e linear da ciência, valorizando a desconstrução de conceitos anteriores para possibilitar novas compreensões.

Entre os obstáculos epistemológicos identificados por Bachelard (1996) no processo de ensino e aprendizagem, destacam-se: experiência primeira, conhecimento geral, substancialista, animista, realista, conhecimento unitário e pragmático, quantitativo e verbalista. Esses entraves podem levar à estagnação do pensamento e ao retrocesso do saber

científico. Nesse sentido, é imprescindível que os professores estejam atentos ao abordar conteúdos de Química em sala de aula, para evitar a perpetuação desses problemas (Lôbo, 2008; Lopes, 1992).

Adicionalmente, Faria e Recena (2020) destacam que Bachelard, em seus estudos, não buscava propor práticas pedagógicas para eliminar esses entraves, mas sua contribuição proporcionou uma base teórica para refletir sobre os desafios do ensino. Essa noção de obstáculo epistemológico ainda é pouco explorada por muitos professores, mas trabalhos recentes vêm sendo desenvolvidos para aprimorar as práticas pedagógicas, facilitando a compreensão dos conceitos científicos e evitando a formação desses obstáculos. Professores que compreendem e aplicam esses saberes contribuem para a superação desses entraves na aprendizagem. Posto isso, na seção subsequente, os obstáculos epistemológicos identificados por Bachelard serão discutidos de forma mais detalhada.

3.1. Discussão dos obstáculos epistemológicos

3.1.1. Experiência Primeira

O primeiro obstáculo epistemológico identificado por Bachelard é denominado de experiência primeira. Esse obstáculo está relacionado às atividades experimentais, que, frequentemente despertam admiração e encantamento nos estudantes devido aos resultados visuais e imediatos que apresentam. Por exemplo, em uma reação exotérmica (que libera calor), mudanças de cor ou liberação de gases são fenômenos que, apesar de impressionantes, podem restringir a aprendizagem a uma sucessão de efeitos experimentais sem uma compreensão crítica dos processos envolvidos (Bachelard, 1996; Brown et al., 2005).

Bachelard (1996) observa que “a crítica não pôde intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura” (p. 29). Ele argumenta que a fascinação com os aspectos visuais das experiências pode obscurecer a necessidade de uma análise mais profunda e rigorosa e defende que esse tipo de abordagem deve ser evitado no processo de ensino e aprendizagem, pois limita o desenvolvimento do espírito científico.

Um exemplo clássico desse obstáculo é encontrado na teoria dos radicais (íons). Em um experimento, o professor obteve iodeto de amônio a partir da reação do amoníaco (NH_3) com palhetas de iodo (I_2) sobre um filtro. Quando o papel impregnado pela substância é seco, ocorre uma explosão, o que naturalmente desperta a admiração dos estudantes. No entanto, quando questionados sobre o fenômeno, muitos estudantes recordavam apenas da explosão, sem compreenderem os princípios químicos que a explicavam. Faltava-lhes um estudo detalhado e crítico sobre o experimento, o que evidenciava que o aprendizado estava restrito a um encadeamento de resultados impressionantes, mas desprovido de análise científica.

3.1.2. Conhecimento geral (generalização)

As generalizações excessivas dos conceitos tendem a imobilizar o pensamento crítico, pois limitam o aprofundamento no conhecimento científico. Tudo é explicado de forma simplista, por meio de afirmações generalizadoras que eliminam a necessidade de investigação e análise detalhada. No ensino de Química, essas generalizações podem reduzir fenômenos complexos a interpretações superficiais, resultando em um conhecimento químico vago e desinteressante. Esse fenômeno caracteriza o obstáculo denominado por Bachelard (1996) como conhecimento geral.

A imobilidade do pensamento causada por esse obstáculo faz com que as explicações dos fenômenos sejam condicionadas a interpretações genéricas, muitas vezes tomadas como verdades absolutas (Bachelard, 1996). Nesse cenário, não há espaço para questionamentos, e o progresso científico é prejudicado. Como apontam Faria e Recena (2020), a adesão a explicações generalizadas pode proporcionar uma falsa sensação de satisfação intelectual. Em vez de investigar os detalhes que envolvem um determinado tema, o estudante assume que já possui o conhecimento necessário, o que resulta na estagnação do aprendizado e na perda do caráter investigativo, essencial ao desenvolvimento do espírito científico.

Esse tipo de abordagem favorece a construção de um conhecimento superficial, desconectado da profundidade exigida pela literatura científica. Bachelard (1996) alerta: “Em suma, mesmo seguindo um ciclo de ideias exatas, percebe-se que a generalidade imobiliza o pensamento, que as variáveis referentes ao aspecto geral ofuscam as variáveis matemáticas essenciais” (p. 72). Essa tendência afasta os estudantes de novas dúvidas, questionamentos, bloqueando o desenvolvimento do senso crítico e a construção de um pensamento mais elaborado.

Portanto, é fundamental que professores estejam atentos ao uso de generalizações no ensino de Química, promovendo abordagens que incentivem o questionamento, a análise minuciosa e o protagonismo dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

3.1.3. Obstáculo verbal

Bachelard (1996) alerta que “[...] a imagem tão clara pode, quando aplicada, ficar mais confusa e complicada” (p. 95). Esse obstáculo ocorre quando há uma associação inadequada entre palavras concretas e abstratas. Nesses casos, uma palavra ou imagem pode ser utilizada como substituta de uma explicação científica adequada, ocupando o espaço de uma análise e explicação teórica consistentes. Embora tais associações possam remeter ao cotidiano dos estudantes, carecem de criticidade e compreensão real do fenômeno (Lopes, 1993b).

O uso de palavras ou imagens, se não for cuidadosamente planejado, pode prejudicar o desenvolvimento do raciocínio científico, dificultando a análise clara e objetiva dos problemas. Faria e Recena (2020) destacam que essas associações podem reforçar intuições prévias dos estudantes, criando barreiras para o aprendizado científico. Assim, imagens que inicialmente parecem autoexplicativas

acabam por dificultar a construção de um conhecimento mais aprofundado e crítico.

Bachelard (1996) aponta que “o perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento próprio; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem” (p. 101). Como exemplo, ele cita o uso da palavra “esponja” para descrever diferentes fenômenos. Essa metáfora, amplamente utilizada, cria uma série de generalizações inadequadas e equivocadas, que comprometem a aprendizagem científica. Ao adotar tais analogias, muitos estudantes passam a considerá-las como explicações definitivas, ignorando a necessidade de investigações e questionamentos.

3.1.4. Obstáculo substancialista

Bachelard (1996) descreve o obstáculo substancialista como uma tendência a atribuir qualidades diversas a uma substância, sejam elas superficiais ou profundas, manifestas ou ocultas. Ele afirma:

Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta. Seria possível falar de um substancialismo do oculto, de um substancialismo do íntimo, de um substancialismo de qualidade evidente. Mas, ainda uma vez, tais distinções levariam ao esquecimento do aspecto vago e infinitamente tolerante da substancialização, ao descuido com o movimento epistemológico que é alternado, do interior para o exterior das substâncias, prevalecendo-se da experiência externa evidente, mas escapando à crítica pelo mergulho na intimidade (Bachelard, 1996, p. 121).

Esse obstáculo é caracterizado por intuições dispersas e frequentemente contraditórias, muitas vezes sustentadas por representações materialistas ou pelo uso inadequado de imagens e figuras. Em tal abordagem, atribuem-se características externas a um conceito, ignorando os seus aspectos intrínsecos e essenciais no processo de ensino e aprendizagem. Assim, qualidades ocultas ou subjetivas são apresentadas como explicações definitivas, o que pode limitar o desenvolvimento do pensamento científico. A substancialização de conceitos resulta em explicações superficiais e restritas, que não promovem a análise crítica e aprofundada (Lopes, 1993b).

Bachelard (1996) reforça que “o espírito científico não pode satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos a um fenômeno à respectiva substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos” (p. 127). Ele exemplifica essa tendência com o caso do fluido elétrico, descrito por Boyle, ao qual foram atribuídas qualidades como viscosidade, untuosidade e tenacidade, associando a eletricidade a uma espécie de cola, como se ela possuísse um “espírito material”. Essa abordagem refletiu a necessidade de substantificar as qualidades, o que, por sua vez, desestimula questionamentos e reflexões, pois satisfaz uma mente que prefere respostas simples e imediatas.

3.1.5. Conhecimento unitário e pragmático

Esse obstáculo se refere às dificuldades no ensino que frequentemente são resolvidas de forma superficial, com base em uma visão global derivada de um princípio geral da natureza. Segundo Faria e Recena (2020), “quando todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio da natureza, é porque o conhecimento utilitário se estabeleceu como dificultador do conhecimento” (p. 26).

No âmbito da Química, esse obstáculo pode ser ilustrado pela ideia de luz como um elemento que explicaria diversos fenômenos. Bachelard (1996) relata que, no século XVIII, era comum atribuir à luz a capacidade de combinar-se com substâncias ao entrar em contato com elas, transferindo suas propriedades. Esse princípio, conhecido como “substancial das cores”, é um exemplo de abordagem ingênua e vaga que compromete a qualidade da pesquisa científica e a compreensão conceitual.

Quando analogias são utilizadas de maneira inadequada, elas podem desviar o foco, impedir a curiosidade e favorecer interpretações utilitárias. Essas explicações pragmáticas, baseadas em generalizações, limitam o aprofundamento do conhecimento. Um exemplo destacado por Bachelard é a proposta de Bacon, que sugeria que a diminuição da transpiração desde a infância poderia prolongar a vida, por meio do aumento da produção de urina. Ele relacionava essa ideia às crisálidas de lagarta que “transpiram” e mantêm a vida latente para evoluir. Esse tipo de pensamento busca atribuir utilidades específicas aos fenômenos, muitas vezes sem embasamento científico sólido.

Bachelard (1996) enfatiza que “a necessidade de generalização extrema, às vezes por um único conceito, leva a ideias sintéticas que conservam o poder de seduzir” (p. 117). Essa abordagem reflete uma tendência a associar fenômenos naturais ao cotidiano de forma superficial, visando facilitar a compreensão científica. No entanto, essa prática simplista compromete a construção do conhecimento, pois desestimula a reflexão crítica e investigativa.

3.1.6. Obstáculo do Conhecimento quantitativo

No campo das Ciências, há uma constante busca por precisão, que, muitas vezes, desvia o foco do entendimento profundo do fenômeno estudado. Esse excesso de ênfase na exatidão pode levar à perda da essência do que está sendo analisado, medido ou interpretado, comprometendo a capacidade dos estudantes de inferir, deduzir, refletir e criticar. Nesse contexto, a precisão - frequentemente associada a números e casas decimais - torna-se mais importante do que a compreensão conceitual e crítica. Consoante Bachelard (1996):

Um conhecimento objetivo imediato, pelo fato de ser qualitativo, já é falseado. Traz um erro a ser retificado. Esse conhecimento marca fatalmente o

objeto com impressões subjetivas, que precisam ser expurgadas; o conhecimento objetivo precisa ser psicanalisado. Um conhecimento imediato é, por princípio, subjetivo. Ao considerar a realidade como um bem, ele oferece certezas prematuras que, em vez de ajudar, entravam o conhecimento objetivo (Bachelard, 1996, p. 259).

Como exemplo, o filósofo menciona os estudos realizados por Coulomb, que desenvolveu aparelhos relacionados à ação elétrica. Esses instrumentos, apesar de funcionarem com alta precisão, não incentivavam reflexões sobre o objetivo do fenômeno, limitando a compreensão a um nível superficial. Essa busca exacerbada por exatidão, comum no século XVIII, evidenciava um desequilíbrio entre precisão técnica e entendimento crítico.

No contexto educacional, Prudêncio (2017) identificou um exemplo contemporâneo desse obstáculo em atividades de Cinemática no Ensino Médio. Os estudantes demonstravam uma grande preocupação em realizar cálculos precisos e responder corretamente às perguntas propostas, priorizando a robustez dos resultados numéricos. Contudo, essa abordagem deixava de lado o caráter crítico e reflexivo, que deveria ser central na análise dos fenômenos.

3.1.7. Obstáculo animista

O obstáculo animista caracteriza-se pela associação de conceitos científicos com sentimentos ou características humanas, o que pode dificultar a compreensão objetiva dos fenômenos. Essa abordagem faz com que os estudantes percebam os conceitos científicos como se fossem organismos vivos, atribuindo-lhes intenções ou emoções. Um exemplo disso é o estudo das ligações químicas interatômicas, em que se explica que os átomos se unem, por transferência ou compartilhamento de elétrons, para completar a camada de valência com oito elétrons. Essa união é frequentemente apresentada de forma animista, sugerindo que o átomo feliz atinge estabilidade ao completar o octeto, enquanto o átomo triste permanece instável. No entanto, é importante destacar que essa explicação simplista ignora as exceções à regra do octeto e compromete a compreensão científica aprofundada (Lopes, 1992).

Outro exemplo desse entrave pode ser encontrado na Física. Lopes (1992) observa que, no estudo inicial de fenômenos como magnetismo e eletricidade, era comum associá-los a princípios vitais. A atração e repulsão de corpos, assim como a energia envolvida nesses processos, eram explicadas por analogias que atribuíam características animadas a esses fenômenos. Essa prática reflete a dificuldade de desconstruir percepções intuitivas e desenvolver uma compreensão científica mais crítica.

Trindade et al. (2019) apontam que alguns professores, na tentativa de tornar o conteúdo mais acessível, acabam dando vida a conceitos e representações científicas. Embora essa abordagem possa facilitar a memorização inicial, ela frequentemente prejudica o entendimento real do fenômeno, uma vez que atribui características humanas a substâncias e elementos inanimados. Esse tipo de comparação está em desacordo com os princípios do novo espírito científico, que

prioriza uma compreensão objetiva e rigorosa dos fenômenos.

É essencial que os professores utilizem abordagens pedagógicas que incentivem os estudantes a superar interpretações antropomórficas, promovendo uma análise crítica e desprovida de subjetividades para compreender os conceitos científicos de forma mais precisa.

3.1.8. Obstáculo realista

O uso de analogias e metáforas é uma prática comum no ensino de Ciências, especialmente para tornar conceitos abstratos mais acessíveis. Exemplos recorrentes incluem a comparação do modelo atômico de Ernest Rutherford com o modelo planetário, e a descrição do modelo atômico de Joseph John Thomson como um “pudim de passas” (Brown et al., 2005). Embora essas analogias ajudem na introdução de ideias, elas podem levar a um entendimento superficial e gerar o que Bachelard (1996) denominou de obstáculo realista. De acordo com Lopes (1992):

O realista supervaloriza suas impressões tácteis e visuais, lidando com o objeto com a voracidade do homem faminto frente ao alimento. Seus olhos e suas mãos digerem o objeto, fazendo dele a razão de ser do conhecimento. De tal forma, não ultrapassam o dado imediato e concreto, o conhecimento de primeira instância. A razão do realista não encontra espaço para se aplicar, pois todo o seu ser resiste à abstração. Não se deve concluir daí que, no universo bachelardiano, o conhecimento se situa no oculto no objeto, a verdade estando no inexplorado, já que não se situa no evidente (Lopes, 1992, p. 258).

Esse obstáculo ocorre quando a descrição do real é utilizada como solução para facilitar a compreensão, sem promover uma reflexão mais aprofundada sobre os conceitos envolvidos. Trata-se de uma tentativa de traduzir o abstrato em concreto, que, embora válida em alguns contextos, pode restringir o aprendizado a uma visão imediatista e limitada.

Lopes (1992) também aponta que no ensino de Química é comum não considerar a propriedade química como resultado da interação entre partículas de uma substância. Em vez disso, presume-se que qualquer parte do todo possua as mesmas propriedades do próprio todo, o que é uma interpretação equivocada. Trindade et al. (2019) exemplificam esse obstáculo ao mostrar representações de um homem da mesma altura de uma molécula, segurando sua extremidade. Essas metáforas exageradas ilustram o obstáculo realista ao reduzir o entendimento científico a uma relação direta com o mundo físico.

4. ESTRATÉGIAS PARA O TRATAMENTO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

O desenvolvimento da Ciência, bem como a construção de modelos e conceitos científicos, tem sido viabilizado por estudos que visam promover processos de superação de obstáculos epistemológicos, muitas vezes resistentes. É essencial que o ensino utilize estratégias que coloquem o estudante como protagonista no processo de ensino e

aprendizagem, valorizando o dinamismo, a dialogicidade e a contextualização. Esses aspectos, ao considerar os conhecimentos prévios dos estudantes, facilitam a aquisição de novos saberes. O diálogo entre professor e estudante torna-se, assim, um elemento essencial para construir uma relação de confiança e respeito.

Astolfi e Develay (1995) propõem uma abordagem estruturada para superar os obstáculos, que inicia com a sua localização, seguida pela sua fissuração, e, por fim, sua superação. Conforme os autores (1995):

Logo, cabe ao formador colocar o obstáculo a ser ultrapassado no cerne do dispositivo, de tal modo que o aluno possa “trabalhá-lo”. Sua ultrapassagem constituirá, ao mesmo tempo que a resolução do problema, o verdadeiro objetivo de aquisição da sequência, esse que o aluno só pode compreender após o término (Astolfi e Develay, 1995, p. 67).

Ademais, a localização do obstáculo é uma etapa crucial para permitir sua fissuração e eventual superação. Nesse processo, os estudantes devem participar ativamente da

construção de conceitos químicos ao invés de receberem apenas teorias e conteúdos pré-organizados (Astolfi, 1994). Ainda segundo Astolfi e Develay (1995), “a análise dos obstáculos nem sempre se apoia tão claramente em elementos históricos; ela pode também muito bem resultar de observações ligadas à prática pedagógica ou de pesquisas didáticas empíricas” (p. 71).

Os estudantes trazem saberes prévios provenientes de suas vivências cotidianas e do saber popular, que influenciam suas concepções científicas (Leão et al., 2020). Embora essas representações reflitam suas histórias e sistemas de pensamentos, é importante considerar tais concepções no processo de ensino (Bachelard, 1996). Isso garante que os estudantes se sintam valorizados, participem das decisões pedagógicas e contribuam para o desenvolvimento das atividades.

Astolfi (1994) propõe estratégias didáticas específicas para a superação dos obstáculos, considerando as condições pedagógicas. Sua abordagem é apresentada na Figura 1, que orienta a elaboração e aplicação de sequências didáticas:

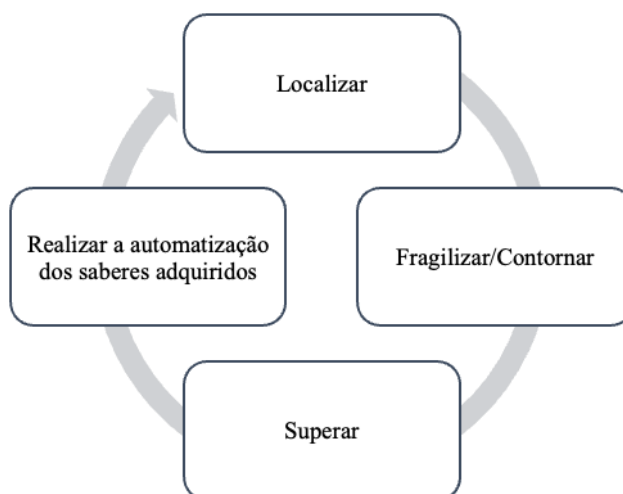


Figura 1 - Etapas para a superação dos OE. Fonte: Autoria própria (2023).

Após a identificação do obstáculo, a próxima etapa é fragilizá-lo, utilizando questões problematizadoras e desafiadoras. Isso fomenta discussões, debates e reflexões críticas sobre os saberes científicos, permitindo que os estudantes avancem na compreensão dos conceitos. A fissuração, segundo Astolfi e Develay (1995), ocorre por meio de uma desestabilização conceitual, promovida pelo conflito sociocognitivo. Na etapa final, a superação, a ação deve ser intelectualmente satisfatória e acessível aos estudantes. A automatização dos saberes adquiridos permite que eles sejam aplicados em diferentes situações, com foco na construção coletiva de respostas, mediada pelo professor (Astolfi, 1994).

Além disso, o professor deve refletir criticamente sobre seu planejamento e execução, analisando o conteúdo abordado em sala e as limitações dos livros didáticos. Essa reflexão deve orientar a construção de um caminho mais eficaz para o aprendizado, considerando que os obstáculos

epistemológicos podem surgir durante ou antes do processo de ensino. Cabe ao professor identificar e trabalhar para superar esses obstáculos.

A formulação de problemas, por exemplo, pode envolver experimentação ou observações baseadas em dados empíricos. Esse processo condiciona a escolha de sistemas explicativos que, embora não totalmente definidos, fornecem previsões fundamentadas nos fatos observados ou construídos. O objetivo final é a resolução de conflitos sócio-cognitivos, utilizando a confrontação entre previsões e a realidade (Astolfi, 1994; Hodson, 1988; Prudêncio, 2017).

5. METODOLOGIA

Esta investigação caracteriza-se como qualitativa, do tipo estudo de caso, com foco na compreensão de aspectos específicos das concepções de estudantes sobre conceitos químicos. Segundo Yin (2005), o estudo de caso é uma

abordagem apropriada para investigar fenômenos contemporâneos dentro de seus contextos reais, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas. Esta pesquisa também se apoia em princípios da pesquisa-ensino, visando não apenas compreender os desafios enfrentados pelos estudantes, mas também propor intervenções que possam mitigar esses desafios.

O pesquisador é substancial para a coleta e análise dos dados, fato esse que é preconizado pela pesquisa qualitativa. A sua subjetividade também faz parte desse processo de discussão e reflexão cuja pesquisa requer investigação, interpretação e compreensão, considerando um caminho intuitivo, mas levando em consideração também os estudos existentes (Flick, 2009).

O estudo foi realizado em uma escola pública estadual localizada na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. Participaram da pesquisa 10 alunos da primeira série do Ensino Médio com base na disponibilidade e no interesse em participar das atividades propostas. A turma foi composta por estudantes com diferentes níveis de compreensão prévia sobre os conceitos químicos abordados e os estudantes foram nomeados de K1 a K10, visando preservar seu anonimato.

Para a coleta de dados, foram utilizados os seguintes instrumentos:

(a) *Questionários semiestruturados*: Aplicados antes (pré-teste) e ao final (pós-teste) da intervenção didática, com perguntas que abrangiam conceitos sobre ácidos, bases e óxidos. Os questionários foram projetados para identificar obstáculos epistemológicos presentes nas concepções dos estudantes e avaliar mudanças nessas concepções após as atividades.

(b) *Diário de campo*: Utilizado pelo pesquisador para registrar observações feitas durante as aulas e atividades experimentais, incluindo comportamentos, interações e comentários dos estudantes.

(c) *Produções escritas*: Os estudantes elaboraram textos ao final das atividades experimentais, os quais foram analisados para identificar padrões de compreensão e

eventuais progressos na construção do pensamento científico.

A sequência didática foi estruturada em seis etapas principais, realizadas ao longo de um mês, totalizando 10 horas-aula. Cada aula teve duração de aproximadamente 50 minutos. A seguir, as etapas:

- *Etapa 1. Diagnóstico inicial*: Observações iniciais e aplicação do questionário pré-teste para identificar os saberes prévios e os obstáculos epistemológicos.
- *Etapa 2. Aulas expositivas e dialogadas*: Introdução teórica sobre os conceitos de ácidos, bases e óxidos através do tema Chuva Ácida, com discussões sobre exemplos do cotidiano.
- *Etapa 3. Experimentação*: Realização do experimento relacionado à Chuva Ácida, explorando as reações químicas envolvidas e seus impactos ambientais.
- *Etapa 4. Discussão coletiva*: Análise conjunta dos resultados experimentais.
- *Etapa 5. Produção de textos*: Elaboração de textos para consolidar os conceitos trabalhados com a ajuda de um mapa conceitual, promovendo a organização das ideias.
- *Etapa 6. Pós-teste*: Aplicação do questionário pós-teste e análise dos textos elaborados, visando identificar mudanças nas concepções dos estudantes.

5.1. Análise dos dados: uso do questionário semiestruturado

Os questionários denominados de pré-teste e pós-teste da sequência didática foram baseados e adaptados conforme os critérios estabelecidos por Vázquez-Alonso et al. (2008), que classifica as respostas em três categorias: adequada, plausível e inadequada. Além disso, foram identificados padrões emergentes e exemplos representativos para discutir como a sequência didática influenciou a compreensão dos estudantes. Apresentamos uma descrição desses critérios conforme o organograma da Figura 2:

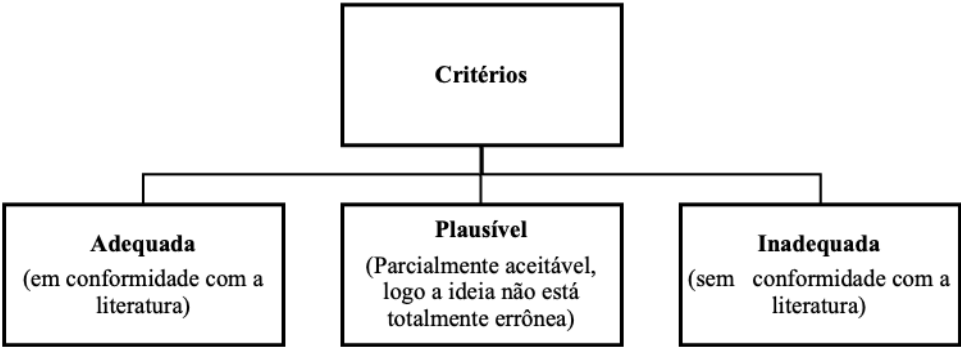


Figura 2 - Análise dos critérios. Fonte: Autoria própria (2023).

A intenção é averiguar os saberes prévios existentes acerca dos estudos gerais de ácidos, bases e óxidos haja vista as reações envolvidas no processo de formação da Chuva Ácida em conformidade com a literatura. Ademais, essa atividade oportuniza o desenvolvimento de estratégias metodológicas que corroboram na construção do conhecimento levando em consideração os saberes prévios.

O propósito principal é identificar os obstáculos epistemológicos, que fazem parte da primeira etapa do estudo estabelecido. Isso já configura um avanço em prol do conhecimento científico, no qual conforme Astolfi (1994) afirma:

El que un obstáculo lo sea, es precisamente su resistencia a la refutación. Por tanto, no basta con que un obstáculo sea objeto de un tratamiento didáctico para estar seguros de que puede ser superado. Si un contraejemplo, por convincente que fuera, resultara suficiente, tendríamos que preguntarnos por el valor de empleo de una palabra tan fuerte. Por ello, algunos obstáculos pueden ser

localizados, incluso «fisurados», sin tener la necesidad de superarlos realmente, lo cual no está nada mal, y es sin duda una etapa imprescindible del aprendizaje a condición de que no nos engañemos respecto de lo que está en juego (Astolfi, 1994, p. 212).

Isso foi planejada para promover a reflexão crítica e para facilitar a aprendizagem, alinhando-se aos princípios da BNCC e às abordagens de Bachelard (1996) e Astolfi (1994). Embora não se pretenda garantir a superação completa dos obstáculos epistemológicos, busca-se identificar os desafios enfrentados e propor estratégias que favoreçam a construção do pensamento científico.

O questionário utilizado como pré-teste foi constituído por 05 questões, sendo 03 destas objetivas e 02 subjetivas, conforme o Quadro 1. Nas questões objetivas foi deixado um espaço para o estudante expor seu pensamento, caso achasse necessário, que utilizou para escolher a resposta que achava correta.

1. Qual das substâncias a seguir é encontrada no nosso estômago que ajuda na digestão dos alimentos? A) HCl. B) NaOH. C) H₂SO₄. D) Mg(OH)₂. 2º) Galisbeuda está sentindo azia devido ao excesso de acidez no estômago. Qual das substâncias abaixo seria mais adequada para neutralizar a acidez e aliviar o desconforto? A) CO B) HCl. C) Mg(OH)₂. D) HNO₃. 3º) Que tipos de substâncias reagem com o vapor de água contribuindo para a formação dos ácidos responsáveis pela Chuva Ácida? Marque a opção correta: A) Óxidos. B) Ácidos. C) Bases. D) Sais. 4º) Discorra sobre as principais características das substâncias ácidas. 5º) Discorra sobre as principais característica das substâncias básicas.

Quadro 1 - Questionário investigativo. Fonte: Autoria própria (2023).

Além disso, os resultados foram discutidos à luz das interações entre estudantes durante as atividades e das respostas coletadas nos instrumentais. A análise qualitativa considerou tanto as respostas adequadas quanto os comentários que demonstrassem reflexões ou questionamentos significativos.

De acordo com Yin (2005), a análise em estudo de caso deve ser orientada pela busca de padrões e pela interpretação criteriosa dos dados coletados, respeitando o contexto específico em que as ações ocorrem. Assim, os resultados deste estudo foram interpretados considerando as dinâmicas observadas em sala e os desafios próprios do ensino de Química, com atenção às respostas que indicaram a resignificação de conceitos e a possível superação de obstáculos epistemológicos.

6. RESULTADOS

6.1. Etapa 1: Identificação dos obstáculos epistemológicos e discussão

Na primeira etapa da pesquisa, os obstáculos epistemológicos foram identificados por meio da aplicação do questionário pré-teste. Esse instrumento foi elaborado para mapear as concepções iniciais dos estudantes acerca dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, bem como para identificar possíveis entraves na construção do saber científico.

Posto isso, os critérios dos estudantes para a escolha das respostas foram semelhantes e daí foram extraídos dois excertos representativos das respostas. Os resultados indicaram a presença de quatro principais obstáculos:

substancialista, generalização, animista e experiência primeira. No Quadro 2, a seguir, apresentam-se as análises das três questões do pré-teste com a quantidade de

estudantes que escolheram cada item assim como alguns critérios que expuseram e a classificação das respostas.

PERGUNTAS	ITENS	RESPOSTAS ESCOLHIDAS PELOS ESTUDANTES	EXCERTO REPRESENTATIVO DAS RESPOSTAS	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
1º) Qual das substâncias a seguir é encontrada no nosso estômago que ajuda na digestão dos alimentos?	A) HCl. B) NaOH. C) H ₂ SO ₄ . D) Mg(OH) ₂ .	A) 3 alunos B) 4 alunos C) 3 alunos D) 0 alunos	A) <i>Eu lembro que ácidos começam com H e tem cloro. (K8).</i> B) <i>Não lembro ao certo mas acho que tem ver com o sal e tem o sódio. (K2).</i>	A) Adequada B) Inadequada C) Inadequada D) Inadequada
2º) Galisbeuda está sentindo azia devido ao excesso de acidez no estômago. Qual das substâncias abaixo seria mais adequada para neutralizar a acidez e aliviar o desconforto?	A) CO. B) HCl. C) Mg(OH) ₂ . D) HNO ₃ .	A) 2 alunos B) 3 alunos C) 1 alunos D) 4 alunos	C) <i>Eu já comprei essa substância que é leite de magnésia, então o item é o que tem Mg. (K8).</i> D) <i>Por ser o ácido do estômago talvez esteja pouco concentrado sendo necessário mais. (K7).</i>	A) Inadequada B) Inadequada C) Adequada D) Inadequada
3º) Que tipos de substâncias reagem com o vapor de água contribuindo para a formação dos ácidos responsáveis pela Chuva Ácida? Marque a opção correta:	A) Óxidos. B) Ácidos. C) Bases. D) Sais.	A) 1 aluno B) 5 alunos C) 2 alunos D) 2 alunos	A) <i>Eu lembro desse assunto e sei que são os óxidos de nitrogênio e de enxofre. (K8).</i> B) <i>Como é chuva ácida deve ter mais ácido.(K9).</i>	A) Adequada B) Inadequada C) Inadequada D) Inadequada

Quadro 2 - Análise das questões 1, 2 e 3 do pré-teste. Fonte: Autoria própria (2023)

Levando em consideração a assertiva correta, segue o Gráfico 1 no qual está representada pela cor verde. Isso revela que a maioria dos sujeitos erraram as questões apresentadas, por conseguinte ainda há lacunas no processo

de aquisição dos conceitos do tema proposto. Ademais, é importante o planejamento e a execução de aulas que contribuam no processo de apreensão dos saberes científicos.

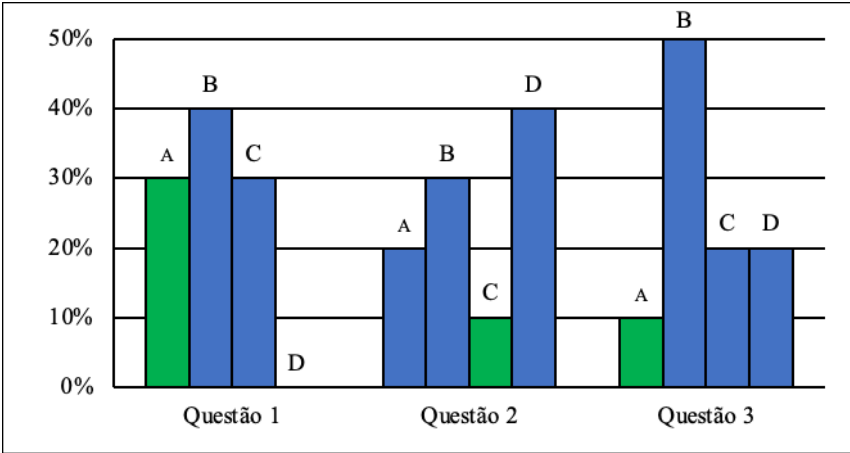


Gráfico 1 - Assertiva correta das questões 1, 2 e 3. Fonte: Autoria própria (2023)

Merece destaque a questão 3 na qual apenas 10% dos sujeitos acertaram, configurando na falta de entendimento do assunto relacionado aos óxidos. Infere-se a falta de saberes necessitando de uma atividade que corrobore no

processo de entendimento que fuja das práticas tradicionais de ensino. No tema gerador Chuva Ácida, a presença dos óxidos na atmosfera oriunda da queima de combustíveis fósseis, por exemplo, é que fazem com que a acidez da

água aumente consideravelmente, logo esse assunto poderá ajudar nessa compreensão desde que bem explanado.

Soma-se ao fato que 60% não justificaram a escolha dos itens. Isso não era obrigatório, porém infere-se que podem ter escolhido a alternativa de forma avulsa, ou seja, sem ter conhecimento do assunto. Os obstáculos evidenciados com base nessas questões, que serão discutidos mais a frente, foram os seguintes: substancialista e generalização. Gois et

al. (2022), por exemplo, ratificam no seu trabalho que é importante o reconhecimento e identificação desses obstáculos no âmbito escolar.

Em relação as questões subjetivas segue o Quadro 3 apresentando o excerto representativo das respostas das questões 4 e 5 assim como os obstáculos encontrados:

PERGUNTAS	EXCERTO REPRESENTATIVO DAS RESPOSTAS	OBSTÁCULOS ENCONTRADOS
4º) Fale sobre as principais características das substâncias ácidas.	<i>“Os ácidos apresentam reagem com as bases e são felizes pois neutrizam elas. Eles são tóxicos geralmente e alguns tem sabor azedo”. (K1)</i> <i>“Os ácidos apresentam obrigatoriamente o Hidrogênio na sua fórmula e são azedos”. (K5)</i>	Animista Substancialista Generalização
5º) Fale sobre as principais característica das substâncias básicas.	<i>“As bases devem ser tóxicas também e terminam sempre com o OH”. (K1)</i> <i>“As bases não podem ser consumidas e devem ser mais perigosas que os ácidos. Fiz um experimento mas só lembro da mudança de cor” (K9).</i>	Substancialista Generalização Experiência primeira

Quadro 3 - Questões subjetivas 4 e 5 com os respectivos obstáculos. Fonte: Autoria própria (2023).

Considerando-se os critérios de Vásquez-Alonso et al. (2008) referente às questões 4 e 5 segue o Quadro 4 abaixo:

Classificação (QUESTÃO 4)	Sujeitos da pesquisa									
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Adequado								X	X	
Plausível	X				X	X	X			
Inadequado		X	X	X						X
Classificação (QUESTÃO 5)	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Adequado								X	X	
Plausível	X						X			
Inadequado		X	X	X	X	X				X

Quadro 4 - Análise das respostas das questões 4 e 5. Fonte: Autoria própria (2023).

Merece destaque a fala do sujeito K1 na quarta questão, conforme apresentada no Quadro 3, classificada como plausível, ou seja, parcialmente correta. O sujeito identificou que a reação entre um ácido e uma base resulta na neutralização, e reconheceu que alguns ácidos podem ser tóxicos ou corrosivos. No entanto, a atribuição de sentimentos às substâncias configura o obstáculo animista. Esse tipo de concepção antropomorfiza fenômenos químicos, interferindo no entendimento científico, como aponta Bachelard (1996). A análise das respostas, conforme a metodologia proposta por Vásquez-Alonso et al. (2008), permite uma discussão detalhada das ideias apresentadas, sem desconsiderar os saberes prévios dos estudantes. Essa abordagem qualitativa contribui para a elaboração de inferências que valorizam as concepções iniciais, conforme preconizado pela literatura.

O obstáculo animista caracteriza-se pela associação de características humanas a fenômenos naturais. Segundo Bachelard (1996), essas associações criam entraves à aprendizagem, ao atribuir aspectos vitais a objetos inanimados, como exemplificado na ferrugem descrita como uma “doença” do ferro, cuja “cura” seria a retirada da parte afetada. Essas ideias, embora compreensíveis no senso comum, afastam o estudante de uma compreensão científica adequada, conforme destacado por Faria e Recena (2020).

Além disso, as respostas dos sujeitos K8 (Questão 1), K5 (Questão 4) e K1 (Questão 5) revelaram a presença do obstáculo substancialista, amplamente presente na teoria ácido-base e reforçado por materiais didáticos, conforme Lopes (2007). Silva et al. (2014) apontam que livros didáticos frequentemente apresentam propriedades ácidas e básicas como dependentes exclusivamente da presença de

íons hidrogênio (H^+) ou íons hidroxila (OH^-), desconsiderando variações como sais ácidos, básicos e óxidos.

Brown et al. (2005) asseveram: “Desde os tempos primordiais, os cientistas identificam os ácidos e as bases por suas propriedades características” (p. 565). Os ácidos são tidos como substâncias azedas e as bases com sabor adstringente, ou seja, aparentemente amargo. Adicionalmente, Medeiros et al. (2016) afirmam que o ensino de Ciências foi tomado por essas ideias e perdura até os dias atuais. O entendimento acerca da acidez e basicidade segundo o químico Arrhenius não é apenas baseado nas fórmulas químicas das substâncias, comumente abordado no Ensino Médio, mas sim a reatividade dos compostos com a água. Os estudos das fórmulas são realizados em qualquer inquietação com os sistemas de pensamento que elas venham a somar, no qual não há estímulo para ir além daquilo que é apresentado nos livros didáticos. Em relação a esses assuntos, Bachelard (1996) explana que:

O gosto, como o cheiro, pode dar, ao substancialismo, garantias primeiras que se revelam, mais tarde, verdadeiros obstáculos para a experiência química. Por exemplo, se as funções ácidas e básicas revelaram-se, na evolução final da química, como princípios de coerência muito úteis para uma classificação geral, não se deve esquecer que as propriedades químicas ácidas e básicas foram, de início, tomadas como atributos em relação direta com as sensações gustativas (Bachelard, 1996, p. 148).

Esse obstáculo, aliado à memorização mecânica de fórmulas e nomenclaturas, resulta em uma compreensão superficial. Ao invés de explorar os conceitos fundamentais, os estudantes decoram regras, o que contraria os princípios do novo espírito científico de Bachelard (1996).

Em relação a resposta do sujeito K10 acerca da questão 5 ele afirmou: *Quando muda de cor é certeza ser ácido ou base usando um indicador, mas não lembro das explicações, só do experimento*. Pode-se inferir a existência do obstáculo denominado experiência primeira, pois não soube explicar os aspectos químicos existentes cujo foco principal foi nos aspectos visuais.

De acordo com Bachelard (1996) quando o sujeito é movido pelo novo espírito científico há um desejo em aprender, descobrir novos acontecimentos, curiosidades, estudos, para, imediatamente, ter um melhor embasamento para questionar e se aprofundar no assunto em questão, não se limitando a apenas uma área do saber. O professor, peça fundamental no ensino, deve assumir uma postura investigativa, ser conciliador no âmbito escolar em detrimento da reflexão na ação, no momento efetivo da sua prática docente.

Quando os estudantes forem indagados sobre os acontecimentos numa experimentação saibam explicar cientificamente os conceitos apresentados e até mesmo descobertos, que não se resuma a apenas rostos de espanto

e admiração dos outros. Importante extrair os aspectos microscópicos dos macroscópicos. É importante ao final das atividades práticas o desenvolvimento de atividades que envolvam reflexões acerca do que foi realizado.

Adicionalmente, o obstáculo generalização foi identificado na resposta do sujeito K6: *Todos os ácidos são azedos, como limão e tangerina, e podem ser consumidos*. Segundo Bachelard (1996), “há de fato um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil. [...] Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica” (p. 69).

A generalização inadequada dificulta a aplicação de conceitos gerais a situações específicas, limitando a compreensão dos estudantes. A experimentação e a contextualização, como a análise do impacto dos ácidos no cotidiano, podem auxiliar na superação desse obstáculo.

Estudos complementares reforçam a prevalência dos obstáculos epistemológicos. Reis e Kiouranis (2013) identificaram generalizações equivocadas relacionadas à velocidade das reações químicas, enquanto Fagundes et al. (2021) observaram obstáculos como experiência primeira, animista e substancialista no ensino de radioatividade. Esses achados corroboram a necessidade de atividades contextualizadas que promovam uma visão crítica e científica.

Mortimer (1996) argumenta que a mudança conceitual ocorre por meio da reorganização gradual de saberes, muitas vezes mediada por conflitos cognitivos que desestabilizam concepções prévias. Já Pozo e Crespo (2009) reforçam que essa transição requer estratégias que conectem os conhecimentos cotidianos dos estudantes ao saber científico, promovendo uma reconstrução significativa.

É fundamental que o erro, frequentemente estigmatizado, seja valorizado como parte do processo de aprendizagem. Bachelard (1996) argumenta que o erro é essencial para o avanço do conhecimento científico, desde que seja utilizado como um ponto de partida para reflexões e reordenações conceituais. A próxima seção detalha a aplicação prática das atividades desenvolvidas com base nas discussões realizadas.

6.2. Etapa 2: Finalização da Sequência Didática

De acordo com Brown et al. (2005), “historicamente, os químicos têm procurado relacionar as propriedades de ácidos e bases às suas composições e estruturas moleculares” (p. 566). Trabalhos como Baptista et al. e Costa et al. (2019) sugerem a elaboração e aplicação de sequências didáticas que promovam o dinamismo e a contextualização na área de Ciências, aproximando os conteúdos da realidade dos estudantes. Esses conjuntos de atividades podem ser direcionados à superação dos obstáculos epistemológicos, como no caso desta pesquisa, sendo aplicados após a identificação e, posteriormente, a fragilização e/ou o contorno deles.

Conforme os estudos apresentados, a proposição de situações-problema durante o desenvolvimento das

atividades é fundamental para o processo de fragilização dos obstáculos, já que promove questionamentos e reflexões. Nas aulas, é importante evitar uma abordagem centrada apenas nas definições clássicas de ácidos e bases de Arrhenius, priorizando uma compreensão mais abrangente dos óxidos e suas reações, especialmente no contexto da Chuva Ácida. Essa estratégia busca facilitar a consolidação dos conceitos químicos.

Lopes (1993b) argumenta que as substâncias e suas propriedades não devem ser tratadas como objetos fixos, definidos exclusivamente por características sensoriais, como cor e sabor, ou por suas transformações isoladas. Essa visão está relacionada ao obstáculo substancialista, ainda presente em materiais didáticos. Santos (2019) também identificou esse obstáculo em livros de Ciências, especialmente na temática da água, além de outros obstáculos. O autor alerta para os riscos de uma linguagem científica inadequada no cotidiano dos estudantes, destacando que analogias e metáforas mal aplicadas podem consolidar esses subterfúgios pedagógicos.

Após a análise inicial dos obstáculos observados, as aulas expositivas e dialogadas sobre o tema proposto foram conduzidas ao longo de um mês, com três encontros semanais no contraturno, totalizando 10 horas de

atividades. Cada aula teve duração aproximada de 50 minutos.

Durante essa etapa, foi apresentada a seguinte situação-problema para estimular a elaboração de hipóteses e a experimentação, alinhando-se à fase de fragilização descrita por Astolfi (1994): *“Explique, por meio de um experimento, a razão pela qual plantas ou flores talvez possam mudar de cor quando em contato com a Chuva Ácida”*. Ressalta-se que nem todas as flores e plantas podem mudar de cor, logo foi utilizado a planta *Ixorachinensi*, popularmente conhecida como *Ixora-chinesa* ou *alfinete gigante*, para o efeito desejado.

A partir do contexto da investigação proposta, cabe ao professor identificar, levantar, discutir e refutar as hipóteses formuladas pelos estudantes através de observações ou experimentações para que se tenha a consolidação dos saberes químicos, confirmando ou redirecionando as hipóteses em prol do objeto de estudo, sem perder a veracidade dos fatos científicos.

A experimentação, nesse sentido, adquire relevância ao se conectar com os conhecimentos prévios dos estudantes, facilitando o processo de ensino e aprendizagem. Hodson (1988) aponta que essa abordagem construtivista do ensino envolve quatro etapas essenciais, como mostra a Figura 3:

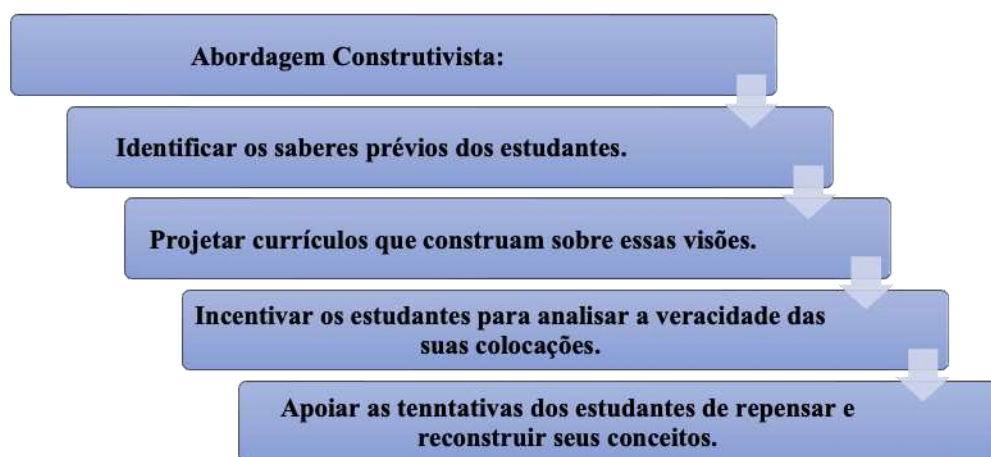


Figura 3 - Passos principais dessa abordagem para o ensino. Fonte: Autoria própria (2023).

Os estudantes, divididos em equipes e com a mediação do professor, chegaram à conclusão de que poderiam diminuir o pH (potencial hidrogeniônico) da água ao reagí-la com o gás dióxido de enxofre (SO_2), um dos óxidos responsáveis pela formação do ácido. Para formar essa substância, era necessário queimar enxofre em pó, material este disponível no laboratório da escola.

Especificamente, a queima de enxofre na presença de oxigênio forma o dióxido de enxofre, que reage com a água e forma o ácido sulfuroso (H_2SO_3). Já o ácido sulfúrico (H_2SO_4) é formado pela reação do trióxido de enxofre com a água. Essas reações foram discutidas de forma mais detalhada na lousa após o experimento. Ademais, o enxofre foi colocado dentro de um clipe moldado pelos estudantes para usar como superfície.

Para que os estudantes visualizassem a formação do ácido, usaram uma solução contendo a base hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,01 molar, com uma gota do indicador sintético de ácido e base chamado de fenolftaleína, ocasionando a formação da cor rósea. Usaram também um pedaço da planta. Segue a Figura 4 com a elaboração do experimento:



Figura 4 - Execução do experimento. Fonte: Autoria própria (2023).

A reação foi constatada a partir do desaparecimento da cor inicial mediante à formação do ácido, que aumentou a acidez da água assim como destrói progressivamente a planta dentro do béquer de 50 mL, vidraria em formato de um copo (Brown et al., 2005). De acordo com Birch (2018), “os químicos medem a concentração dos ácidos usando a escala de pH” (p. 48). Logo o pH verificado, conforme as discussões, é menor que 7, pois acima desse valor a substância seria básica. Na Figura 5 pode-se observar essa mudança:



Figura 5 - Formação do ácido sulfúrico. Fonte: Autoria própria (2023).

As reações químicas que envolvem as formações dos ácidos que diminuem bruscamente o pH da água, especialmente a do experimento, foram registradas no quadro com a ajuda dos estudantes, abrangendo os

conceitos de ácidos, bases e óxidos, além de revisitar as causas e consequências da Chuva Ácida. As explicações oferecidas foram consistentes com a literatura científica e evidenciaram ressignificação de saberes, possibilitadas pelas aulas iniciais e pela experimentação realizada.

A análise das discussões revelou superações parciais de alguns obstáculos epistemológicos. Por exemplo, os estudantes que inicialmente apresentaram o obstáculo animista, como na fala que atribuiu sentimentos às substâncias (K1: *Os ácidos são felizes porque neutralizam as bases*), passaram a explicitar que a reação de neutralização ocorre devido à transferência de íons H^+ e OH^- , resultando na formação de sal e água, sem antropomorfizações. Isso demonstra que as atividades experimentais e discussões teóricas ajudaram a reestruturar as concepções iniciais.

Além disso, o obstáculo geral, evidenciado pela associação de propriedades ácidas e básicas exclusivamente ao sabor ou características sensoriais (K6: *Todos os ácidos são azedos, como limão e tangerina*), foi trabalhado durante a aula prática juntamente com a discussão coletiva sobre a atividade. A formação do ácido sulfúrico foi utilizada como exemplo, considerando seu caráter tóxico e corrosivo, que impede seu consumo, desmistificando, assim, a afirmação apresentada. O uso de indicadores químicos e a análise das reações com óxidos contribuíram para que os estudantes entendessem os conceitos de acidez e basicidade de maneira mais abrangente, considerando as interações químicas e suas representações.

A presença do obstáculo experiência primeira, identificado em respostas como a de K10 (*Quando muda de cor é certeza ser ácido ou base usando um indicador, mas não lembro das explicações, só do experimento*), foi abordada por meio de reflexões promovidas após as atividades práticas. Nessas reflexões, os estudantes foram incentivados a relacionar os aspectos visuais do experimento aos conceitos microscópicos subjacentes, como as reações químicas envolvidas.

A utilização do laboratório foi um elemento essencial para promover a integração entre teoria e prática, pois as atividades realizadas nesse ambiente, de forma colaborativa, fomentaram o compartilhamento de conhecimentos entre os estudantes, facilitando o desenvolvimento das atividades propostas. As observações dos estudantes durante as experimentações demonstraram que a colaboração em equipe favoreceu a troca de ideias, desconstrução de conceitos equivocados e a consolidação de aprendizagens mais significativas.

Baptista et al., (2020) destacam que atividades investigativas contribuem significativamente para a produção e modificação de significados no âmbito escolar. Além disso, essas atividades permitem interligar saberes prévios com os adquiridos durante as experiências, promovendo uma aprendizagem significativa por meio da identificação de semelhanças e diferenças com as vivências pessoais dos estudantes (Medeiros et al., 2016; Moreira, 1999).

De acordo com Mortimer (1996), dispositivos de aprendizagem que promovem a interação entre teoria e prática são cruciais para a ressignificação de conceitos no ensino de Ciências. Pozo e Crespo (2009) complementam que essas estratégias devem fomentar a reflexão crítica, permitindo que os estudantes questionem e reconstruam suas concepções iniciais.

Posteriormente, foi apresentado aos estudantes um mapa conceitual elaborado através do *software* gratuito *Cmap Cloud*, conforme apresentado na Figura 6. Essa ferramenta é um recurso de aprendizagem que permite ao estudante conciliar, integrar e diferenciar conceitos (Moreira, 2011). Ademais, corrobora para facilitar a organização das ideias adquiridas e a estabelecer relações mais amplas entre os conceitos abordados.

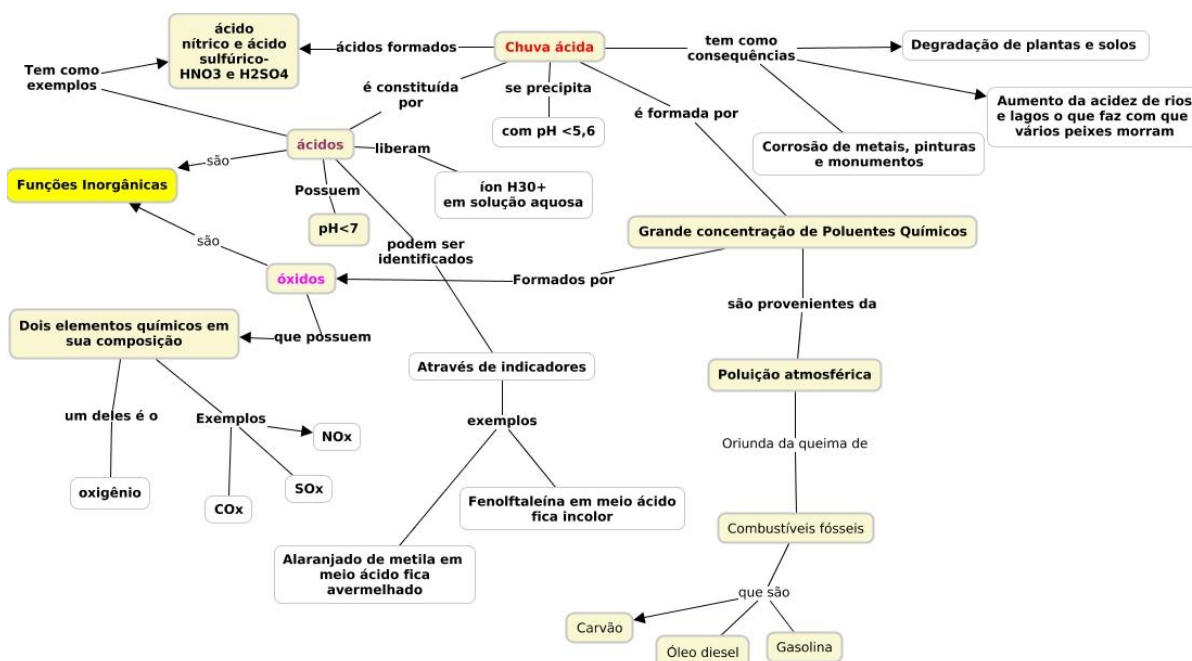


Figura 6 - Mapa elaborado como atividade. Fonte: Autoria própria (2023).

Inicialmente, a proposta previa a elaboração de textos individuais pelos estudantes com a ajuda do mapa. Contudo, a decisão coletiva de construir os textos em equipe foi acolhida, em consonância com a BNCC (2018), que valoriza a diversidade de saberes e o trabalho colaborativo, promovendo autonomia, responsabilidade e cidadania. Essa dinâmica permitiu que os estudantes consolidassem conceitos por meio de interações que fortaleceram a aprendizagem e o elo com os professores.

Nos textos elaborados, foram utilizados os conceitos propostos no mapa assim como outros abordados durante as atividades e reflexões sobre os fenômenos estudados, evidenciando ressignificação conceitual. Os textos reforçam as falas realizadas durante as discussões após a experimentação, como por exemplo o fato de que não se pode generalizar que todas as bases possuem sabor adstringente e que devem ter em sua composição a presença da hidroxila. O texto elaborado por outra equipe afirmou que nem todos os ácidos apresentam características como sabor azedo ou toxicidade, destacando que essas propriedades não são universais e variam conforme a natureza química e a concentração do ácido em questão.

O questionário pós-teste, composto pelas mesmas perguntas do pré-teste, foi aplicado para avaliar a evolução do aprendizado durante esse processo. Os resultados

demonstraram avanços significativos para uma possível superação dos obstáculos epistemológicos. Por exemplo, o número de respostas classificadas como adequadas aumentou substancialmente, especialmente nas questões relacionadas aos óxidos e suas reações. Outro ponto a ser destacado é que as respostas dadas nas discussões em sala durante e após o experimento foram também colocadas nas respostas do pós-teste pelos estudantes, colaborando para um avanço do saber científico. De acordo com Medeiros et al. (2016):

A importância da promoção da aprendizagem efetiva e duradoura, portanto, se dá por meio da compreensão do aprender como superação dos conceitos previamente construídos, em que conhecimentos oriundos do senso comum e conhecimentos científicos são reorganizados, constituindo o conhecimento escolar por meio de estratégias adotadas pelo professor com vistas à transposição didática (Medeiros et al., 2016, p. 76).

Consoante Moreira (2011), os mapas conceituais são ferramentas que facilitam a integração e diferenciação de conceitos, contribuindo também para a promoção de uma aprendizagem significativa. A análise dos resultados do pós-teste indica que a articulação entre as atividades experimentais, discussões teóricas e o uso do mapa para a elaboração do texto foi eficaz para fomentar avanços no

entendimento dos conceitos trabalhados, alinhando-se às propostas metodológicas desta pesquisa.

Além da análise dos questionários pré e pós-teste, o diário de campo foi utilizado como ferramenta para registrar observações durante a aplicação das atividades propostas. Isso permitiu documentar as interações entre os estudantes, suas dúvidas, os momentos de maior engajamento e as estratégias adotadas para mitigar os obstáculos epistemológicos. As anotações do diário mostraram que os estudantes se sentiram mais confiantes em expor suas ideias ao longo do processo, especialmente nas discussões em grupo e nos momentos de experimentação. Também foi essencial para identificar os avanços individuais e coletivos, bem como para ajustar a condução das aulas de acordo com as necessidades da turma.

Embora os resultados tenham demonstrado avanços significativos, conforme destacado por Astolfi e Develay (1995), a superação completa dos obstáculos epistemológicos não pode ser garantida e, em alguns casos, nem sempre é desejável. Obstáculos como o animista, o substancialista e a experiência primeira foram mitigados em diversos aspectos, mas traços dessas concepções ainda podem aparecer, o que corrobora a visão de Bachelard (1996) de que o avanço no pensamento científico é um processo gradual e contínuo. O papel do professor, nesse contexto, é atuar como mediador, ajudando os estudantes a reorganizar os saberes por meio de dispositivos de aprendizagem adaptados, conforme Moreira (2011), sem impor conceitos, mas promovendo reflexões críticas.

Por fim, a aplicação do questionário pós-teste revelou evolução significativa, com os estudantes respondendo corretamente às questões propostas, demonstrando um melhor entendimento dos conceitos trabalhados. Essa progressão reflete a reorganização dos saberes, que, segundo Medeiros et al. (2016), ocorre ao superar os conceitos prévios e integrar conhecimentos do senso comum e da ciência escolar por meio de estratégias pedagógicas eficazes.

A mudança conceitual é um processo gradual e raramente resulta na erradicação completa de entraves na aprendizagem (Mortimer, 1996). Além disso, Pozo e Crespo (2009) ressaltam que estratégias didáticas devem considerar o contexto cotidiano dos estudantes, promovendo sua participação ativa e protagonismo no processo de aprendizagem.

Além disso, o tema da Chuva Ácida foi contextualizado no âmbito social e ambiental, promovendo discussões que foram além dos conceitos químicos, abordando a relevância de ações mitigativas para minimizar os impactos ambientais, como preconizado por Silva (2019). Essas discussões estão alinhadas ao que a BNCC (Brasil, 2018) estabelece em relação à formação de cidadãos críticos, ativos e responsáveis, capacitados a compreender e intervir na sociedade de maneira ética e sustentável.

A abordagem adotada reforça a importância de estratégias didáticas que reconheçam os limites da superação total dos subterfúgios pedagógicos, mas que promovam, dentro do

possível, a reflexão e o avanço progressivo no entendimento dos conceitos científicos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar obstáculos epistemológicos, conforme o conceito introduzido por Gaston Bachelard, que se referem a entraves no avanço do saber científico, além de desenvolver e aplicar uma sequência didática fundamentada na experimentação para mitigar ou minimizar tais obstáculos no estudo das funções inorgânicas ácidos, bases e óxidos. Esses obstáculos, que incluem a experiência primeira, o animista, o substancialista e o conhecimento geral, foram identificados a partir das concepções iniciais dos estudantes e trabalhados no contexto do tema gerador Chuva Ácida, de forma a privilegiar o dinamismo, a dialogicidade e a reflexão.

O reconhecimento da existência desses obstáculos, muitos deles oriundos do senso comum ou de abordagens inadequadas nas aulas, é essencial para que o professor planeje atividades que possibilitem a sua minimização e, em alguns casos, superação. No entanto, a superação completa nem sempre é possível ou desejável, sendo mais relevante promover a reorganização gradual dos saberes, em um processo contínuo de aprendizagem. Nesse contexto, o papel do professor é construir dispositivos de aprendizagem que integrem os conhecimentos prévios dos estudantes aos saberes científicos, tornando-os protagonistas do processo.

A presença de obstáculos epistemológicos não significa incapacidade dos estudantes em compreender os conteúdos, mas aponta para a necessidade de práticas pedagógicas que promovam a desconstrução de informações mal fundamentadas e a ressignificação de conceitos. Os resultados obtidos indicam que a sequência didática proposta foi eficaz na promoção de avanços conceituais e reflexivos, além de possibilitar a ressignificação de conceitos relacionados à temática trabalhada. Ainda que a superação completa dos obstáculos não tenha sido garantida, o processo investigativo e reflexivo promovido pelas atividades demonstrou um impacto positivo no entendimento e na aprendizagem dos estudantes.

É imprescindível que o ensino de Ciências priorize metodologias que valorizem o envolvimento ativo e reflexivo do estudante, superando abordagens passivas e despertando o interesse pelos conteúdos trabalhados. A experimentação, quando conduzida com um viés investigativo e sem respostas prontas, colabora para o desenvolvimento de habilidades críticas e autônomas, alinhando-se ao que preconiza a BNCC. Assim, atividades como as desenvolvidas neste estudo podem ser replicadas ou adaptadas dentro da temática proposta, contribuindo para minimizar entraves e fomentar um aprendizado mais significativo e conectado ao novo espírito científico proposto por Bachelard (1996).

Por fim, espera-se que este trabalho inspire novos estudos e propostas pedagógicas que integrem reflexão crítica,

experimentação e interdisciplinaridade, ampliando as possibilidades de superação ou minimização dos obstáculos epistemológicos e fortalecendo a construção do saber científico no ambiente escolar.

8. REFERÊNCIAS

- Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, em el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 206-216.
- Astolfi, J. P., e Develay, M. (1995). *A Didática das Ciências*. Papirus.
- Bachelard, G. (1971). *A Epistemologia*. O saber da Filosofia. Edições 70.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Editora Contraponto.
- Baptista, C. M. F., Lawall, I. T., e Clement, L. (2020). Significados produzidos por estudantes do ensino médio sobre fenômeno das marés em aulas investigativas. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 15 (1), 33-49.
- Birch, H. (2018). *50 ideias de química que você precisa conhecer*. Tradução de Helena Londres. Planeta do Brasil.
- Bulcão, M. (2009). *O Raciocínio da Ciência contemporânea: Introdução ao pensamento de Gaston Bachelard*. Ideais & Letras.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_sit_e.pdf
- Brown, T., Lemay, H. E., e Bursten, B. E. (2005). *Química: a ciência central*. Prentice-Hall.
- Costa, A. F. S., Júnior, A. J. V., e Gobara, S. T. (2019). Ensino de biologia celular por meio de modelos concretos: um estudo de caso no contexto da deficiência visual. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 14 (2), 50-62.
- Fagundes, J. V. F., Zara, K. R de. F., e Oliveira, M. M. (2021). Identificando obstáculos epistemológicos no ensino de radioatividade. *Revista Valore*, 6, 968-976.
- Faria, A. G. V; Recena, M. C. P. (2020). *Superação de um obstáculo epistemológico*. Appris.
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed.
- Hodson, D. (1988). Experimentos na ciência e no ensino de ciências. *Educational philosophy and theory*, 20 (2), 53-66.
- Leão, D. F., Santos, T. M. M., e Souza, R. R de. (2020). O olhar do aluno sobre o contexto do estudo da química e da possibilidade de transformação. *Revista de Educação Pública*, 29 (1), 1-20.
- Lôbo, S. F. (2008). O ensino de Química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação*, 14 (1), 89-100.
- Lopes, A. R. C. (2007). *Currículo e Epistemologia*. Editora Unijuí.
- Lopes, A. R. C. (1993a). Historia y Epistemologia de Las Ciencias. *Revista Ciência e Educação*, 11 (3), 324-330.
- Lopes, A. R. C. (1992). Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência Química. Obstáculos Animistas e Realista. *Química Nova*, 15 (3), 254-261.
- Lopes, A. R. C. (1993b). Livros Didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da Ciência Química. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 74 (177), 309- 334.
- Medeiros, C. E., Rodriguez, R. C. M. C., e Silveira, D. N. (2016). *Ensino de Química: superando obstáculos epistemológicos*. Appris.
- Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. Livraria da Física.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem Significativa*. Editora Universidade de Brasília.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/645>.
- Pozo, J. I., e Crespo, M. A. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico* (5ª ed.). Artmed.
- Prudêncio, M. E. D. (2017). *Contribuições para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem da cinemática no Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- Reis, J. M. C., e Kiouranis, N. M. M. (2013). Identificando obstáculos epistemológicos em conteúdos de cinética Química. *Enseñanza de las ciencias*, (Edição Extra).

Santos, N. Q. dos. (2019). *Obstáculos Epistemológicos de Bachelard: Análise do tema água em livros didáticos de ciências do sexto ano do Ensino Fundamental* Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Brasil.

Silva, R. S. (2019). *Caminhos de reação: uma sequência didática para o processo de ensino e aprendizagem de taxa de desenvolvimento da reação* Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional - PMPQRN). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

Silva Júnior, W. A.; Pires, D. A. T. (2019). A química dos refrigerantes em uma abordagem experimental e contextualizada para o ensino médio. *Scientia Plena*, 15 (3), 1-13.

Silva, L. A., Larentes, A. L., Caldas, L. A., Ribeiro, M. G. L., Almeida, R. V., e Herbst, M. H. (2014). Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino da funções inorgânicas. *Conceitos científicos em destaque*, 36 (4), 261-268.

Silveira, F. A., Vasconcelos, A. K. P., Almeida, S. N., e Santos Neto, M. B. (2019). Investigação dos obstáculos epistemológicos no ensino de química: uma abordagem no tópico modelos atômicos. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 9 (1), 31-46.

Soares, M. H. S. (2017). O aspecto social das ciências e a defesa da educação: Uma leitura contemporânea da epistemologia histórica de Gaston Bachelard. *Em Construção*, 1 (1), 51-68.

Trindade, D. J., Nagashima, L. A., e Andrade, C. C. (2019). Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de bachelard. *Brazilian Journal of Development*, 5 (10), 17829-17843.

Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., Cevedo Díaz, J.A., e Cevedo-Pomero, P. (2008). Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. *Química Nova na Escola*, São Paulo, 27, 34-50.

Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Bookman.

Felipe Alves Silveira

Doutorando acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática pela Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Fortaleza. A tese a ser desenvolvida dentro do programa tem como título inicial " A epistemologia de Bachelard no contexto da experimentação investigativa no ensino de Química no tópico Chuva Ácida sob a perspectiva da Aprendizagem Significativa". Mestre em Ensino de Ciências e Matemática do IFCE, Campus - Fortaleza, na área do ensino de Química. Foi bolsista da FUNCAP. Especialista em Docência e Gestão no Ensino Superior pela Faculdade Estácio de Sá (FIC). Graduado no curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Maracanaú em 2014. Participou do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência(PIBID) como bolsista durante três anos. No PIBID, eram desenvolvidas atividades pedagógicas de Química de modo a colaborar com a melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem. Atua como professor temporário do Governo do Estado do Ceará. Pesquisa na área de Ensino de Química como foco na Formação de Professores, Docência no Ensino Superior, Experimentação e Química Ambiental.