

Revista de Estudios y Experiencias en Educación

REXE

journal homepage: <http://revistas.ucsc.cl/index.php/rexe>

Vivências em sala de aula na abordagem da chuva ácida: estratégias para superar obstáculos no ensino de Química

Felipe Alves Silveira^a, Ana Karine Portela Vasconcelos^a, Albino Oliveira Nunes^b

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará^a. Instituto Federal Rio Grande do Norte^b, Brasil.

Recibido: 19 de agosto 2024 - Revisado: 15 de marzo 2025 - Aceptado: 15 de mayo 2025

RESUMO

Este relato apresenta um recorte de uma prática pedagógica desenvolvida com estudantes da primeira série do Ensino Médio, voltada à identificação de dificuldades conceituais, obstáculos epistemológicos, no ensino de Química e implementar estratégias didáticas para sua superação. O trabalho foi organizado em torno dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, com base na definição de Svante Arrhenius, e contextualizada pelo fenômeno da Chuva Ácida, assumido como tema integrador. A fundamentação teórica ancorou-se nos pressupostos epistemológicos de Gaston Bachelard e nas contribuições de Astolfi sobre o papel do erro e da mediação docente no processo de aprendizagem. Adotou-se uma abordagem qualitativa, de natureza interventiva, com coleta de dados por meio de questionários diagnósticos e registros textuais. Entre os obstáculos identificados, destacaram-se o animismo, a generalização e o substancialismo. A aplicação de uma situação-problema articulada à experimentação, à sistematização conceitual e à produção discente de textos favoreceu a ressignificação dos saberes espontâneos e a reconstrução dos conceitos científicos. Os resultados evidenciam o potencial formativo de práticas que valorizam o protagonismo do estudante, a problematização crítica e a ruptura com modelos transmissivos. A experiência contribui para o debate sobre metodologias que visam à promoção de uma aprendizagem significativa no ensino de Ciências.

Palavras-chave: Relato; Gaston Bachelard; obstáculos epistemológicos; chuva ácida.

*Correspondencia: Felipe Alves Silveira (F. A. Silveira).

 <https://orcid.org/0000-0003-3851-232X> (felipesilveiraquimica@gmail.com).

 <https://orcid.org/0000-0003-1087-5006> (karine@ifce.edu.br).

 <https://orcid.org/0000-0002-3585-2137> (albino.nunes@ifce.edu.br).

Classroom experiences in addressing acid rain: strategies to overcome obstacles in teaching Chemistry

ABSTRACT

This report presents an excerpt from a pedagogical practice developed with first-year high school students, aimed at identifying conceptual difficulties and epistemological obstacles in the teaching of Chemistry and implementing didactic strategies to overcome them. The work was organized around the concepts of acids, bases, and oxides, based on the definition of Svante Arrhenius, and contextualized by the phenomenon of Acid Rain, assumed as an integrating theme. The theoretical foundation was anchored in the epistemological assumptions of Gaston Bachelard and the contributions of Astolfi to the role of error and teacher mediation in the learning process. A qualitative, interventional approach was adopted, with data collection through diagnostic questionnaires and textual records. Among the obstacles identified, animism, generalization, and substantialism stood out. Using a problem situation related to experiments, organizing concepts, and having students create texts helped change their natural understanding and rebuild scientific ideas. The results show that practices that encourage students to take charge, think critically about problems, and move away from traditional teaching methods can be very effective. The experience contributes to the debate.

Keywords: Report; Gaston Bachelard; epistemological obstacles; acid rain.

Experiencias de aula en el abordaje de la lluvia ácida: estrategias para superar obstáculos en la enseñanza de la Química

RESUMEN

Este informe presenta un extracto de una práctica pedagógica desarrollada con estudiantes de primer año de secundaria, orientada a identificar dificultades conceptuales y obstáculos epistemológicos en la enseñanza de la Química e implementar estrategias didácticas para superarlos. El trabajo se organizó en torno a los conceptos de ácidos, bases y óxidos, a partir de la definición de Svante Arrhenius, y contextualizado por el fenómeno de la Lluvia Ácida, asumido como tema integrador. La base teórica se ancló en los presupuestos epistemológicos de Gaston Bachelard y en los aportes de Astolfi sobre el papel del error y la mediación docente en el proceso de aprendizaje. Se adoptó un enfoque cualitativo e intervencionista, con recolección de datos mediante cuestionarios diagnósticos y registros textuales. Entre los obstáculos identificados se destacaron el animismo, la generalización y el sustancialismo. La aplicación de una situación problema vinculada a la experimentación, sistematización conceptual y producción de textos estudiantiles favoreció la redefinición de conocimientos espontáneos y la reconstrucción de conceptos científicos. Los resultados destacan el potencial formativo de prácticas que valoran el protagonismo estudiantil, la problematización crítica y la ruptura con modelos transmisivos. La experiencia contribuye al debate sobre metodologías que apuntan a promover el aprendizaje significativo en la enseñanza de las Ciencias.

Palabras clave: Informe; Gaston Bachelard; obstáculos epistemológicos, lluvia ácida.

1. Introdução

Durante as aulas de Química com estudantes da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública em Fortaleza, Ceará, Brasil, observamos dificuldades recorrentes na compreensão dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, sobretudo quando associados a fenômenos ambientais como a Chuva Ácida. Muitos alunos demonstravam encantamento com os aspectos visuais dos experimentos, mas não conseguiam explicar os princípios químicos envolvidos. Esse descompasso entre observação e compreensão nos levou a refletir sobre os entraves que limitam a aprendizagem científica, especialmente no ensino tradicional de Química.

A partir dessa experiência concreta, surgiu o objetivo deste relato: compartilhar uma proposta pedagógica que buscou identificar e fragilizar os chamados obstáculos epistemológicos, que são concepções equivocadas profundamente enraizadas nos estudantes, que dificultam o avanço do saber científico. A prática se baseou em uma sequência didática experimental, contextualizada pelo tema transversal da Chuva Ácida, articulando teoria e prática por meio da problematização e do protagonismo estudantil.

Inspirados pelos estudos de [Gaston Bachelard \(1996\)](#) e [Pierre Astolfi \(1994\)](#), compreendemos que o ensino de Ciências deve considerar a presença desses obstáculos, como o animista, a experiência primeira e a generalização, e atuar no sentido de provocá-los, fragilizá-los e superá-los por meio de dispositivos pedagógicos apropriados. O erro, nessa perspectiva, deixa de ser um fracasso e passa a ser parte constitutiva do processo de construção do conhecimento.

A Química, embora muitas vezes percebida como excessivamente abstrata, está presente em diversos aspectos da vida cotidiana. Seu principal foco é o estudo da matéria, das transformações que nela ocorrem e da energia envolvida nesses processos ([Brown et al., 2005](#)). No entanto, muitos estudantes a veem como um conjunto de fórmulas e nomenclaturas a serem memorizadas, sem relação com o cotidiano ([Leal, 2009](#); [Mateus e Ferreira, 2021](#)). Esse distanciamento está relacionado a práticas de ensino que privilegiam a exposição unidirecional, com o professor como detentor do saber ([Gonçalves e Goi, 2022](#)).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), uma das competências da área de Ciências da Natureza é “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações [...] que minimizem impactos socioambientais” ([Brasil, 2018, p. 18](#)). Para isso, é necessário propor atividades que articulem os conteúdos da Química com os problemas do mundo real, de forma crítica e contextualizada.

A experimentação é uma estratégia relevante nesse processo, pois permite ao estudante observar, questionar e reconstruir seus saberes de maneira ativa. Quando vinculada à problematização e ao diálogo, pode contribuir para a superação de obstáculos como a compreensão literal de analogias, o uso subjetivo da linguagem científica e a atribuição de características humanas aos fenômenos naturais ([Silveira e Vasconcelos, 2023](#)). Trabalhos como os de [Filgueiras et al. \(2023\)](#), [Filgueiras et al. \(2025\)](#), [Nascimento \(2022\)](#) e [Silva e Ferri \(2020\)](#) apontam a eficácia de sequências didáticas investigativas na promoção da aprendizagem significativa.

As funções inorgânicas, ácidos, bases e óxidos, por suas propriedades e inter-relações, representam um campo fértil para o desenvolvimento de propostas interdisciplinares. No contexto da Chuva Ácida, essas substâncias assumem papel central nas discussões sobre causas, consequências e possíveis formas de mitigação dos danos ambientais ([Filgueiras et al., 2025](#)). Ao abordar esse conteúdo com base em experimentações e mapas conceituais, buscamos aproximar os conceitos científicos da realidade dos estudantes.

Além disso, o tema ambiental amplia as possibilidades de reflexão crítica. Como destaca [Nepomuceno et al. \(2024\)](#), a Educação Ambiental deve sensibilizar os estudantes para os impactos das ações humanas sobre a natureza e fomentar a adoção de práticas sustentáveis. O trabalho pedagógico nessa perspectiva contribui para a formação de cidadãos éticos e socialmente comprometidos.

Nas seções seguintes, apresentamos os fundamentos teóricos que embasaram a prática, a descrição da sequência didática implementada, as percepções observadas durante sua aplicação e as reflexões construídas a partir dessa experiência.

2. Antecedentes teóricos

[Bachelard \(1996\)](#) afirma que a Ciência deve estar em constante evolução, moldando-se às transformações históricas e culturais, e abrindo espaço à formulação de hipóteses que possam ser validadas de maneira rigorosa. Para ele, o conhecimento científico rompe com o senso comum, requerendo uma atitude investigativa que se afasta da busca por verdades absolutas ([Bulcão, 2009](#)).

Esse pensamento fundamenta o que o autor denominou de “novo espírito científico”, que valoriza uma abordagem dinâmica, crítica e empírica no ensino das Ciências, em oposição à visão cartesiana e linear. Nesse contexto, o erro e a descontinuidade assumem papel central na aprendizagem, funcionando como dispositivos que favorecem a ruptura com concepções anteriores ([Astolfi, 1994](#); [Bachelard, 1971](#)).

No entanto, conforme observam [Filgueiras et al. \(2023\)](#), [Blasques et al. \(2023\)](#) e [Filgueiras et al. \(2025\)](#), o ensino de Química ainda tende a apresentar os conteúdos de forma descontextualizada, com foco em nomenclaturas e fórmulas, desconsiderando os conhecimentos prévios dos estudantes e dificultando a reflexão crítica.

Essa desconexão entre teoria e realidade vivida pelos alunos pode ser agravada pela má utilização de analogias e metáforas, que, em vez de facilitar a compreensão, reforçam ideias equivocadas. [Prudêncio \(2017\)](#) e [Bulcão \(2009\)](#) chamam atenção para esse problema, destacando que o próprio [Bachelard \(1996\)](#) alertava sobre o uso inadequado desses recursos no ensino de Ciências.

Os obstáculos, conforme [Bachelard \(1996\)](#), são formas de pensamento enraizadas no senso comum que bloqueiam o avanço do conhecimento. São exemplos: experiência primeira, animismo, generalização, verbalismo, substancialismo, entre outros. Sua superação exige que o professor desenvolva estratégias que valorizem a ação, o diálogo e a reflexão ([Mateus e Ferreira, 2021](#); [Passos et al., 2023](#)).

[Astolfi \(1994\)](#) propõe quatro etapas para enfrentar esses entraves: a identificação, a fragilização (por meio de problematizações), a fissuração (desestabilização conceitual) e, por fim, a superação, que ocorre quando o novo saber é internalizado e transferido para outras situações, com mediação do professor.

No contexto do Ensino de Química, os estudantes carregam consigo saberes oriundos do cotidiano e da cultura popular. Tais conhecimentos pré-existentes não devem ser ignorados, mas sim reconhecidos e problematizados. Isso porque os obstáculos epistemológicos estão associados não às histórias de vida em si, mas à tendência de preservar sistemas de pensamento que parecem coerentes, embora não sustentem uma explicação científica ([Bachelard, 1996](#); [Moreira, 2011](#)).

Dessa forma, torna-se imprescindível que o professor atue como mediador consciente desses processos, planejando suas aulas de forma a identificar e enfrentar essas barreiras conceituais ([Lôbo, 2008](#)). A experimentação e a formulação de problemas, quando utilizadas

com intencionalidade didática, contribuem para a construção de saberes significativos (Hodson, 1988; Silva e Ferri, 2020).

A seguir, sintetizamos os principais tipos de obstáculos epistemológicos descritos por Bachelard (1996):

- a. *Experiência Primeira*: resultados empíricos são tomados como verdade absoluta sem interpretação conceitual adequada.
- b. *Conhecimento Geral*: uso de explicações amplas e imprecisas que imobilizam o raciocínio científico.
- c. *Verbal*: confusão gerada pela tentativa de explicar conceitos abstratos com linguagem cotidiana ou imprecisa.
- d. *Substancialista*: atribuição de características físicas ou substâncias concretas a conceitos abstratos.
- e. *Conhecimento Unitário e Pragmático*: explicações simplistas que não consideram a complexidade dos fenômenos.
- f. *Conhecimento Quantitativo*: foco excessivo em números e fórmulas em detrimento da compreensão qualitativa.
- g. *Animista*: atribuição de intenções ou emoções humanas a substâncias ou fenômenos químicos.
- h. *Realista*: uso de analogias visuais ou concretas que, se mal aplicadas, distorcem os conceitos científicos.

A abordagem didática que considera esses obstáculos não busca eliminá-los de forma simplista, mas compreender sua origem e função na aprendizagem. Como afirmam Faria e Recena (2020), o próprio Bachelard (1996) não propôs metodologias prontas, mas nos legou ferramentas conceituais para pensar o ensino de maneira crítica.

Esses fundamentos teóricos orientaram a elaboração da proposta didática relatada neste trabalho, cuja intenção foi provocar nos estudantes o questionamento de suas concepções iniciais e favorecer a construção de um saber químico mais consistente. A seguir, descrevemos as estratégias pedagógicas adotadas, com foco na experimentação e na problematização do tema da Chuva Ácida como eixo integrador dos conteúdos de ácidos, bases e óxidos.

3. Procedimentos metodológicos

3.1 Objetivo da experiência

O objetivo desta prática pedagógica foi compartilhar uma proposta pedagógica que buscou identificar e fragilizar os obstáculos epistemológicos que interferem na aprendizagem dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, propondo estratégias didáticas que favorecessem sua superação. A proposta buscou estimular a reflexão crítica dos estudantes a partir de atividades experimentais, discussões orientadas e recursos visuais, com ênfase na contextualização do tema da Chuva Ácida.

3.2. Contexto e participantes

A experiência foi desenvolvida com uma turma de 10 alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada em Fortaleza (CE). As atividades ocorreram no contraturno escolar, como parte de um projeto de reforço pedagógico promovido pela própria instituição.

A participação foi voluntária, com autorização formal dos responsáveis por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme os princípios da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2012a; 2012b). Os nomes dos estudantes foram substituídos por códigos alfanuméricos (K1 a K10) a fim de preservar o anonimato. Ressalta-se que a presente experiência integra as ações desenvolvidas no âmbito de uma pesquisa de doutorado em andamento, com desdobramentos distintos e complementares em diferentes publicações acadêmicas.

3.3. Organização didática da proposta

A proposta foi estruturada em cinco etapas interligadas, realizadas ao longo de 10 aulas com duração média de cinquenta minutos cada, totalizando 5 semanas de trabalho. As etapas foram planejadas de forma a favorecer o reconhecimento, a problematização e a possível superação dos obstáculos epistemológicos identificados. A seguir, descrevemos o percurso didático:

- a. *Observações iniciais em sala de aula:* foram realizadas conversas exploratórias para mapear percepções espontâneas dos alunos sobre as funções inorgânicas e sobre o fenômeno da Chuva Ácida.
- b. *Aplicação de questionário diagnóstico (pré-teste):* composto por questões abertas e objetivas, o instrumento permitiu identificar os saberes prévios e detectar indícios de obstáculos epistemológicos, como o animismo e a generalização.
- c. *Atividade experimental contextualizada:* os estudantes realizaram um experimento envolvendo a reação de óxidos ácidos com água, com uso de indicador ácido-base e fragmentos vegetais. A prática foi acompanhada de discussões orientadas sobre as reações envolvidas e suas implicações ambientais.
- d. *Construção coletiva de textos com o uso de um mapa:* com base nas observações experimentais e do uso de um mapa, os alunos redigiram textos, reorganizando os conceitos de forma autoral.
- e. *Aplicação do questionário final (pós-teste):* o mesmo instrumento do pré-teste foi re-aplicado para avaliar mudanças nas compreensões dos alunos e possíveis superações conceituais.

Durante todo o processo, o professor assumiu o papel de mediador, provocando o pensamento crítico dos estudantes por meio de perguntas abertas e retomadas conceituais. As aulas buscaram romper com o modelo transmissivo, valorizando a participação ativa e a autonomia dos alunos na construção dos saberes.

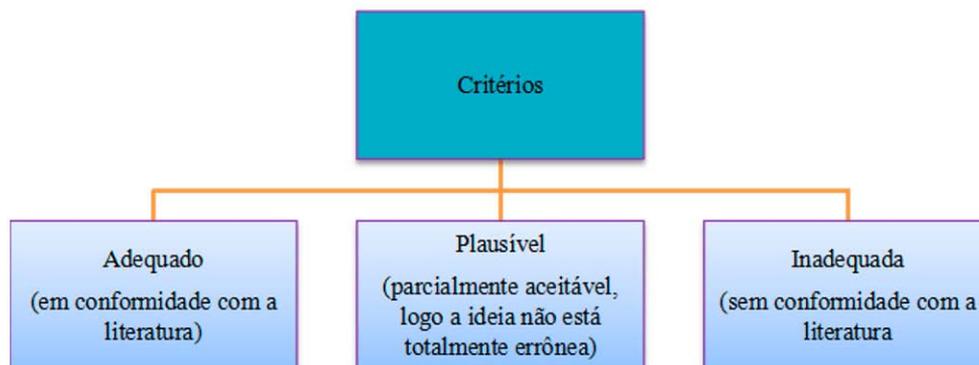
Todas as etapas foram registradas em diário de campo pelo professor responsável, servindo como instrumento reflexivo sobre a prática e seus desdobramentos em sala. A combinação entre diagnóstico inicial, atividade experimental, reorganização conceitual e avaliação final permitiu não apenas identificar os obstáculos epistemológicos mais recorrentes, mas também observar indícios de sua fragilização ao longo do processo. A seguir, apresentamos os principais aspectos dessa experiência pedagógica, com base nas respostas dos estudantes e nas vivências construídas durante as aulas.

4. Resultados e discussão: descrição da experiência pedagógica

Com base na sequência didática elaborada, as evidências de aprendizagem foram coletadas por meio da aplicação de um questionário diagnóstico no início e ao final das atividades. Para analisar as respostas dos estudantes, foram adotados os critérios propostos por Vázquez-Alonso et al. (2008), que classificam as produções em três categorias: *adequada*, *plausível* e *inadequada*, de acordo com seu grau de conformidade com a literatura científica.

Figura 1

Critérios estabelecidos.



Fonte: Elaboração própria.

O referido questionário foi estruturado com cinco questões, sendo três objetivas e duas discursivas, com o objetivo de identificar os saberes prévios relacionados aos conceitos de ácidos, bases e óxidos, além de captar indícios da presença de obstáculos epistemológicos, conforme a proposta de Astolfi (1994). As perguntas elaboradas, apresentadas a seguir de forma sucinta, de modo a articular o conhecimento químico com situações contextualizadas, em especial o fenômeno da Chuva Ácida, escolhido como eixo articulador da sequência:

Quadro 1

Questionário pré-teste.

-
1. Qual das substâncias a seguir é encontrada no nosso estômago que ajuda na digestão?
A) HCl. B) NaOH. C) H_2SO_4 . D) $Mg(OH)_2$.
 2. Galisbeuda está com problemas estomacais, no caso azia. Qual das substâncias a seguir ela deve tomar para se sentir melhor?
A) $Mg(OH)_2$. B) HCl. C) CO. D) HNO_3 .
 3. Que tipos de substâncias reagem com o vapor de água contribuindo para a formação dos ácidos responsáveis pela Chuva Ácida?
A) Óxidos. B) Ácidos. C) Bases. D) Sais.
 4. Fale sobre as principais características das substâncias ácidas.
 5. Fale sobre as principais característica das substâncias básicas.
-

Fonte: Elaboração própria.

Como ressaltam Yin (2005) e Mateus e Ferreira (2021), instrumentos desse tipo, quando bem construídos, funcionam não apenas como ferramentas de avaliação diagnóstica, mas também como catalisadores de reflexões docentes para o replanejamento pedagógico, uma vez que revelam padrões de raciocínio e dificuldades recorrentes entre os estudantes.

4.1. Etapa 1: Identificação dos entraves

As respostas às questões objetivas evidenciaram um predomínio de alternativas incorretas, justificativas frágeis ou ausentes, além de indícios nítidos de obstáculos epistemológicos. Em especial, identificou-se forte incidência dos obstáculos *substancialista*, *animista*, *experiência primeira* e *generalização*, conforme sistematizados por Bachelard (1996).

Quadro 2

Discussão das questões 1, 2 e 3.

Perguntas	Itens	Respostas	Justificativas	Classificação
1°) Qual das substâncias a seguir é encontrada no nosso estômago que ajuda na digestão?	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 clo-ro. (K8)</i> B) <i>Não lembro ao certo, mas acho que tema ver com o sal e tem o sódio. (K2)</i>	A) Adequada B) Inadequada C) Inadequada D) Inadequada
2°) Galisbeuda está com problemas estomacais, no caso azia. Qual das substâncias a seguir ela deve tomar para se sentir melhor?	A) CO B) HCl C) Mg(OH) ₂ D) HNO ₃	A) 2 alunos B) 3 alunos C) 1 aluno 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. (K7)</i>	A) Inadequada B) Inadequada C) Adequada D) Inadequada
3°) Que tipos de substâncias reagem com o vapor de água contribuindo para a formação dos ácidos responsáveis pela Chuva Ácida?	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

Fonte: Elaboração própria.

Na questão 3, por exemplo, apenas um estudante identificou corretamente os óxidos como substâncias que reagem com o vapor d'água na formação da Chuva Ácida, revelando uma lacuna considerável na compreensão do papel dessas substâncias nos fenômenos atmosféricos. A baixa taxa de acertos, somada à ausência de justificativas em mais da metade das respostas, reforça a hipótese de que muitos alunos se orientam por memorização ou associações imprecisas, sem articulação conceitual fundamentada.

Tais dados corroboram a importância de práticas pedagógicas que estimulem o pensamento científico por meio da problematização e da experimentação. No conjunto, as respostas revelaram a atuação de obstáculos epistemológicos como o substancialismo e a generalização, conforme discutido por Gois et al. (2022).

O Quadro 3 apresenta excertos das questões discursivas (4 e 5) e os respectivos obstáculos identificados nas respostas dos estudantes. Esses trechos foram escolhidos por sua representatividade e pela riqueza interpretativa que oferecem para o planejamento docente.

Quadro 3

Questões subjetivas 4 e 5 com seus respectivos obstáculos.

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 neutralizam elas. Eles são tóxicos geralmente e alguns tem sabor azedo.” (K1)</i>	Animista Substancialista
	<i>“Os ácidos apresentam obrigatoriamente o Hidrogênio na sua fórmula e são azedos.” (K5)</i>	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>	Substancialista Generalização
	<i>“Fiz um experimento, mas só lembro da mudança de cor” (K9).</i>	Experiência primeira

Fonte: Elaboração própria.

As respostas discursivas reforçaram esse diagnóstico. Um exemplo emblemático foi a afirmação de um estudante de que os ácidos “são felizes pois neutralizam as bases”, atribuindo sentimentos a substâncias químicas, um claro caso do obstáculo animista. Embora parte da explicação estivesse cientificamente embasada (referência à neutralização), a presença de metáforas antropomórficas obscureceu a compreensão dos processos químicos.

Bachelard (1996) adverte que esse tipo de atribuição vitalista a entes inanimados compromete o desenvolvimento do pensamento científico, pois bloqueia a compreensão objetiva dos fenômenos. Trindade et al. (2019) e Lopes (1992) também observam que tais analogias, embora comuns na linguagem escolar, podem consolidar interpretações errôneas se não forem cuidadosamente discutidas.

Outro exemplo significativo foi a associação automática entre o sabor azedo e os ácidos, ou entre toxicidade e as bases, revelando o obstáculo substancialista. Conforme apontam Brown et al. (2005) e Silva et al. (2014), esse tipo de generalização decorre, muitas vezes, da forma como os conteúdos são apresentados em livros didáticos, reforçando uma visão centrada em propriedades sensoriais isoladas, e não em critérios estruturais e funcionais mais amplos.

Por fim, um terceiro obstáculo, o da experiência primeira, ficou evidente quando um aluno afirmou lembrar apenas da mudança de cor no experimento, sem conseguir explicá-la. Esse encantamento não mediado pelo raciocínio crítico foi problematizado por Bachelard (1996) como um “falso saber”, pois se sustenta na percepção sensorial imediata, mas não contribui para a apropriação conceitual.

Esses dados confirmam a importância de propor atividades que desafiem tais concepções espontâneas, favorecendo a reflexão, o confronto entre ideias e a mediação docente intencional. Como destaca Astolfi (1994), identificar e fragilizar os obstáculos é etapa imprescindível para sua superação.

Além de servirem para classificação diagnóstica, as falas dos estudantes oferecem pistas valiosas sobre os caminhos mentais que percorrem ao tentar atribuir sentido aos conteúdos. Como nos lembra Astolfi (1994), o erro deve ser compreendido não como ausência de saber, mas como expressão de uma lógica que precisa ser desnaturalizada e redimensionada pela mediação pedagógica. Nesse sentido, o professor assume o papel de intérprete e provocador das ideias dos alunos, transformando suas justificativas espontâneas em matéria-prima para a reconstrução conceitual.

4.2. Etapa 2: Finalização do conjunto de atividades

A segunda etapa da proposta consistiu na fragilização e possível superação dos obstáculos epistemológicos anteriormente identificados. Para tanto, os estudantes foram desafiados com uma situação-problema de caráter investigativo: *“Explique, por meio de um experimento, a razão das plantas ou flores mudarem de cor quando em contato com a Chuva Ácida.”*

Essa abordagem foi pensada com base na perspectiva de Astolfi (1994), segundo a qual o processo de superação conceitual exige, como etapa fundamental, a desestabilização cognitiva. Assim, buscou-se provocar nos estudantes uma tensão entre suas ideias prévias e os conceitos científicos, criando espaço para a reconstrução do conhecimento.

O experimento foi realizado no laboratório da escola com o uso de materiais acessíveis e seguros. Os estudantes queimaram enxofre em pó em um clipe metálico, produzindo gás dióxido de enxofre (SO_2), um dos óxidos ácidos responsáveis pela formação da Chuva Ácida. Esse gás foi conduzido até um béquer contendo uma solução diluída de hidróxido de sódio (NaOH) com algumas gotas de fenolftaleína, um indicador sintético de ácido-base. A solução, inicialmente rosa, perdeu sua coloração à medida que o SO_2 foi absorvido pela água, indicando a formação de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e, conseqüentemente, a acidificação do meio.

Posteriormente, foi adicionado um pequeno pedaço de flor à solução. Observou-se, ao longo de alguns minutos, a perda da coloração natural dela (Figura 2) e sinais visíveis de degradação, simulando de forma didática os impactos da Chuva Ácida sobre os tecidos vegetais.

Figura 2

Etapas do experimento de simulação da Chuva Ácida: acidificação do meio e efeitos.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Esse procedimento favoreceu a compreensão de aspectos conceituais relevantes, como a reação de óxidos não metálicos com a água, a aplicação prática de indicadores, e o papel ambiental dos poluentes atmosféricos. Conforme [Brown et al. \(2005\)](#), a identificação de ácidos e bases pode ser feita tanto pelo pH quanto por indicadores visuais, como a fenolftaleína, que perde sua coloração em meio ácido, evidência central observada no experimento conduzido.

Além do aspecto técnico, observou-se um notável envolvimento dos estudantes com a atividade. A experimentação prática (Figura 3), associada a uma problemática real e ambientalmente contextualizada, despertou o interesse, a curiosidade e o senso de responsabilidade científica dos alunos. Como registrado no diário de campo, muitos demonstraram entusiasmo ao observar as transformações, fazendo perguntas pertinentes e tentando antecipar os efeitos esperados.

Figura 3

Estudantes durante a realização do experimento no laboratório.

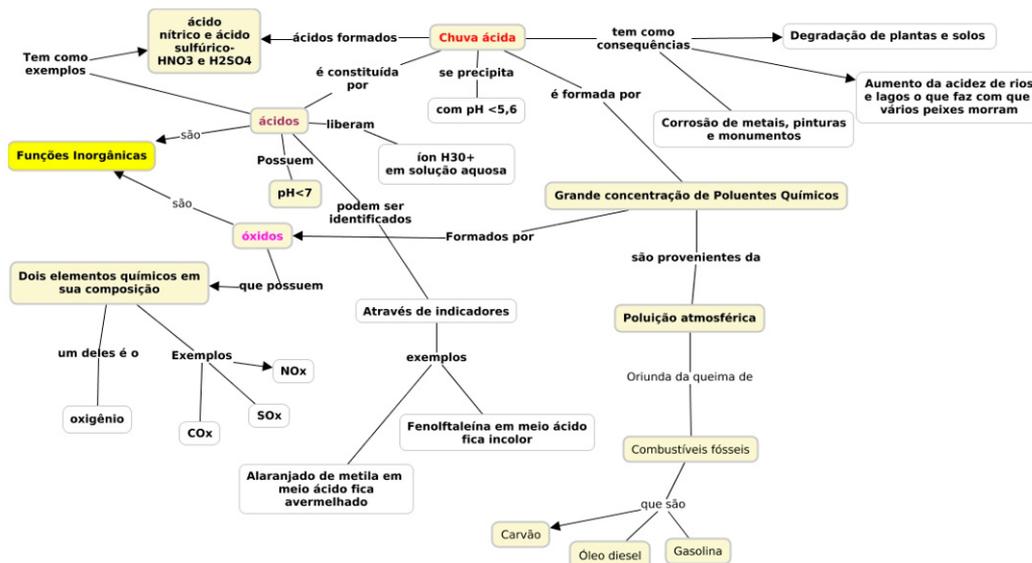


Fonte: Acervo da Pesquisa.

Com base na experiência vivida, os alunos foram convidados a organizar as informações elaborando um texto usando um mapa conceitual elaborado através do *software* Cmap Cloud (Figura 4). O objetivo era sistematizar os conceitos mobilizados, explorando relações entre as funções (ácidos, bases e óxidos), indicadores, reações de neutralização e impactos ambientais da Chuva Ácida.

Figura 4

Mapa conceitual elaborado através do software.



Fonte: Elaboração própria.

Com o uso do mapa, houve a produção de textos explicativos em equipes. Embora a proposta inicial prevesse a produção individual, a decisão coletiva de trabalhar em pares foi acolhida, pois reflete o desenvolvimento de competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como autonomia, colaboração, argumentação e respeito ao projeto de vida (Brasil, 2018).

As análises desses textos demonstraram maior apropriação dos conceitos, com explicações mais precisas, uso adequado de vocabulário técnico e menor presença de obstáculos epistemológicos, especialmente o animismo, a experiência primeira e o substancialismo. O mapeamento conceitual, articulado à prática e à escrita, contribuiu significativamente para essa transformação, conforme defendem Moreira (2011) e Passos et al. (2023), ao enfatizarem o papel da metacognição na aprendizagem significativa.

A aplicação do questionário pós-teste, ao final da sequência didática, evidenciou uma mudança significativa na compreensão dos estudantes. Todos acertaram as questões objetivas e apresentaram justificativas mais articuladas, coerentes com a linguagem e os conceitos da Química. Essa evolução, no entanto, não se restringe ao desempenho em uma avaliação pontual: ela reflete uma transformação mais profunda nos modos de pensar, interpretar e explicar os fenômenos trabalhados. A análise cruzada entre as respostas do pós-teste e os textos produzidos pelos alunos revela um processo gradativo de reconstrução conceitual, que rompeu com visões ingênuas e fragmentadas e deu lugar a compreensões mais críticas, sistematizadas e ancoradas no referencial científico.

Essa reconstrução não se deu de forma espontânea. Como afirma Astolfi (1994), o abandono de concepções alternativas exige mediações intencionais, que desafiem o pensamento dos estudantes por meio de situações didáticas estruturadas, problematizadoras e cognitivamente perturbadoras. O conjunto de atividades propostas, que incluiu a aplicação de um diagnóstico inicial, o desenvolvimento de um experimento investigativo, a redação de texto

explicativo e a reavaliação dos saberes, operou como um dispositivo formativo integral. O professor, nesse processo, atuou como mediador e provocador de hipóteses, estimulando a dúvida produtiva, a reflexão argumentativa e a reorganização de ideias.

A sequência desenvolvida, portanto, não apenas contribuiu para a superação de obstáculos epistemológicos, mas também promoveu a valorização do erro como parte constitutiva do processo de aprender. O erro, aqui, não foi penalizado, mas compreendido como expressão legítima de um pensamento em trânsito, que precisa ser acolhido, interpretado e tensionado para que possa evoluir. Essa perspectiva está alinhada à noção de “espírito científico” proposta por [Bachelard \(1996\)](#), segundo a qual o saber se constrói por rupturas, revisões e superações sucessivas, e não por acumulação linear de verdades.

Além do aspecto conceitual, a experiência teve forte caráter formativo. Ao trabalhar com um fenômeno de natureza ambiental e social, a Chuva Ácida, a sequência possibilitou aos estudantes estabelecer relações entre Química e sociedade. O experimento realizado, ao evidenciar os efeitos do SO_2 sobre o pH e sobre os tecidos vegetais, funcionou como metáfora visual da degradação ambiental provocada por ações antrópicas. Muitos alunos, durante as discussões, relacionaram o conteúdo às suas vivências, mostrando inquietação com os impactos da poluição atmosférica em seu entorno. Como aponta [Nepomuceno et al. \(2024\)](#), é papel da escola promover a sensibilização crítica diante dos problemas ambientais, contribuindo para a formação de sujeitos éticos, reflexivos e comprometidos com a coletividade.

Trata-se, portanto, de uma proposta didática que ressignifica o espaço da sala de aula como lugar de investigação e produção de sentido, em que os saberes prévios são respeitados como ponto de partida, e não descartados como obstáculos a serem eliminados. Ao articular prática experimental, diálogo, produção conceitual e avaliação formativa, essa experiência reafirma a potência do ensino de Ciências como campo de construção do pensamento crítico e de formação integral. E mais do que isso: reafirma a centralidade do professor como agente intencional de criação de condições para que a aprendizagem significativa ocorra, não por acúmulo de conteúdo, mas por transformação de pensamento.

5. Considerações finais

A experiência pedagógica aqui relatada demonstrou que os obstáculos epistemológicos não devem ser concebidos como falhas cognitivas a serem extirpadas, mas como construções legítimas do pensamento que, quando devidamente compreendidas, podem ser mobilizadas como ponto de partida para a aprendizagem significativa. Ao reconhecer essas concepções prévias como manifestações de uma lógica interna, ainda que parcial ou distorcida, o professor amplia sua capacidade de intervir pedagogicamente de modo mais intencional, dialógico e formativo.

Inspirada no pensamento de [Gaston Bachelard \(1996\)](#), a proposta assumiu como eixo a ideia de que o conhecimento científico se constrói não por acúmulo linear, mas por rupturas sucessivas que exigem desestabilização, reconstrução e reelaboração constante. Nessa perspectiva, o ensino de Química deixou de ser um exercício de transmissão de conteúdos para se tornar um espaço de investigação conceitual, de enfrentamento das ideias espontâneas e de ativação de processos metacognitivos.

A escolha do tema Chuva Ácida não foi meramente ilustrativa: tratou-se de uma estratégia intencional de inserção da Química em um contexto ambiental real e relevante, favorecendo a articulação entre conhecimentos científicos, questões socioambientais e valores éticos. O experimento desenvolvido, com o uso de óxidos ácidos, indicador ácido-base e material vegetal, proporcionou um ambiente propício à problematização e à construção coletiva de sentidos, dando visibilidade concreta às transformações químicas e aos impactos ecológicos que delas decorrem.

O uso do mapa conceitual, a produção de texto explicativo e a reaplicação do questionário configuraram um ciclo didático que privilegiou a autonomia intelectual dos estudantes, permitindo que eles trasladarem de uma compreensão fragmentada para uma visão mais crítica, articulada e coerente com os princípios da Ciência. As evidências coletadas, tanto em instrumentos formais quanto na observação qualitativa, apontam para uma reorganização efetiva dos significados, especialmente no que diz respeito aos conceitos de ácidos, bases e óxidos e às relações entre poluição atmosférica e degradação ambiental.

O erro, nesse percurso, foi ressignificado como oportunidade de aprendizagem; e os saberes prévios, em vez de rejeitados, foram escutados, tensionados e reconstruídos. Essa abordagem didática dialoga com os pressupostos da educação científica contemporânea e reafirma o papel do professor como mediador epistemológico, capaz de criar condições para que o pensamento dos alunos se expanda, se desestabilize e se reconfigure com base em critérios científicos, mas sem perder de vista a subjetividade e o contexto social de quem aprende.

Dessa forma, a sala de aula foi ressignificada como espaço de produção de conhecimento, e não apenas de sua reprodução, fortalecendo o compromisso da Química com a formação de sujeitos críticos, sensíveis às problemáticas do mundo e conscientes de seu papel na transformação da realidade.

Recomenda-se que futuras práticas pedagógicas e investigações acadêmicas aprofundem e ampliem esse tipo de abordagem, explorando o potencial da interdisciplinaridade, da experimentação investigativa e da avaliação formativa como caminhos para uma educação em Ciências mais dialógica, crítica e transformadora. A superação dos obstáculos epistemológicos não é um fim em si, mas um processo contínuo e profundamente humano de reconstrução do pensamento e de abertura ao novo.

Referências

- Astolfi, J.-P. e Develay, M. (1995). *A didática das ciências*. Papirus.
- Astolfi, J.-P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 206-216.
- 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.
- Blasques, D. C., Silveira, M. P. e Cedran, J. C. (2023). Concepções iniciais de licenciandos(as) participantes do PIBID química sobre experimentação no ensino de química. *Revista Alexandria*, 16 (2), 383-404.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília.
- Brasil. Conselho Nacional de Saúde. (2012a). *Resolução de nº 466, 12 de dezembro de 2012*. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2012b). *Resolução Nº 196/96*. Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.
- Brown, T., LeMay, H. E. e Bursten, B. E. (2005). *Química: A ciência central*. Prentice-Hall.
- Bulcão, M. (2009). *O Raciocínio da Ciência contemporânea: Introdução ao pensamento de Gaston Bachelard*. Aparecida, SP: Ideais & Letras.
- Faria, A. G. V. e Recena, M. C. P. (2020). *Superação de um obstáculo epistemológico*. Appris.

- Filgueiras, J. S., Passos, B. S. & Vasconcelos, A. K. P. (2025). Explorando funções inorgânicas e o fenômeno da chuva ácida: uma proposta de sequência didática com o uso do simulador PhET. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 9 (2), 1-17. <https://doi.org/10.48075/ReBECCEM.2025.v.9.n.2.34688>.
- Filgueiras, J. S., Silveira, F. A. e Vasconcelos, A. K. P. (2023). Uma Sequência Didática nos conceitos correlatos ao estudo da vitamina C presente nas polpas de frutas. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 6 (4), 97-120. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n4.13334>.
- Gois, J. V. B., Gomes, S. I. A. A. e Standler, J. P. (2022). Um olhar químico sobre o Minecraft: Análise de possíveis obstáculos epistemológicos. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 6, 49-64. <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/3563>.
- Gonçalves, R. P. N. e Goi, M. E. J. (2022). A Construção do Conhecimento Químico por meio do Uso da Metodologia de Experimentação Investigativa. *Revista Debates Em Ensino De Química*, 8(2), 31-40.
- Hodson, D. (1988). Experimentos na ciência e no ensino de ciências. *Educational philosophy and theory*, 20 (2), 53-66. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x>.
- Leal, M. C. (2009). *Didática da Química: fundamentos e práticas para o Ensino Médio*. Dimensão.
- Lôbo, S. F. (2008). O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação (Bauru)*, 14(1), 89-100. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000100006>.
- Lopes, A. R. C. (1992). Livros didáticos: Obstáculos ao aprendizado da ciência química. *Química Nova*, 15(3), 254-261. [http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1992/vol15n3/v15_n3_%20\(16\).pdf](http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1992/vol15n3/v15_n3_%20(16).pdf).
- Mateus, P. G. e Ferreira, L. H. (2021). Investigação da aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio químico por meio de modelos mentais expressos por licenciandos em química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 73-98. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC_20_1_4_ex1683_294.pdf.
- Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem significativa: A teoria e textos complementares*. Livraria da Física.
- Nascimento, M. (2022). *Princípios termoquímicos por meio da atividade experimental problematizada (AEP): uma proposta de aprendizagem significativa crítica*. Dissertação (Mestrado Profissional em Química), Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha.
- Nepomuceno, N. A. S., Vasconcelos, A. K. e Betina, S. L. (2024). Educação Ambiental e Ensino de Biologia: uma experiência pedagógica a partir da Aprendizagem Baseada em Projetos. *REXE- Revista de Estudos e Experiências em Educação*, 23 (52), 286-301. <https://doi.org/10.21703/rexe.v23i52.2226>.
- Passos, B. S., Silva, B. R. T. da., Silveira, F. A. e Vasconcelos, A. K. P. (2023). Mapas conceituais: uma proposta de intervenção no ensino de química com alunos da 2ª série do ensino médio. *Conexões - Ciência E Tecnologia*, v. (17), 1-10.
- Prudêncio, M. E. D. (2017). *Contribuições para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem da cinemática no ensino médio* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Silva, C. e Ferri, K. C. F. (2020). Uma Sequência Didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG. *Brazilian Journal of Development*, 6 (5), 27641-27655. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-276>.

- 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. e Vasconcelos, A. K. P. (2023). Uma revisão sistemática da literatura da inter-relação entre experimentação e aprendizagem significativa no ensino da química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 484-507.
- 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. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-050>.
- Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., Acevedo 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*, 27, 34-50.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.



Este trabajo está sujeto a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional Creative Commons (CC BY 4.0).