



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ –
IFCE – *CAMPUS* FORTALEZA
REDE NORDESTE DE ENSINO - RENOEN
DOUTORADO ACADÊMICO EM ENSINO**

**ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS INERENTES AO TEMA
CHUVA ÁCIDA SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA CRÍTICA**

FELIPE ALVES SILVEIRA

FORTALEZA

2026

FELIPE ALVES SILVEIRA

ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS INERENTES AO TEMA CHUVA
ÁCIDA SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA
CRÍTICA

Tese apresentada para o Programa de Pós-graduação da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) do polo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) para a obtenção do título de doutor.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Karine Portela Vasconcelos

Coorientador: Prof. Dr. Albino Oliveira Nunes.

Área de concentração: Ensino, currículo e cultura.

FORTALEZA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S587a Silveira, Felipe Alves.
 ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS INERENTES AO TEMA CHUVA ÁCIDA SOB A
 PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA / Felipe Alves
 Silveira. - 2026.
 167 f. : il. color.
- Tese (doutorado) - Instituto Federal do Ceará, Doutorado Acadêmico em Ensino (Renoen), Campus
 Fortaleza, 2026.
 Orientação: Prof. Dr. Ana Karine Portela Vasconcelos.
 Coorientação: Prof. Dr. Albino Oliveira Nunes.
1. Obstáculos epistemológicos. 2. Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. 3. Ensino de Química.
 4. Sequência Didática. 5. Chuva Ácida. I. Título.
-

FELIPE ALVES SILVEIRA

ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS INERENTES AO TEMA CHUVA
ÁCIDA SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA
CRÍTICA

Tese apresentada ao curso de Doutorado em
Ensino (Renoen) do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE) - *Campus* Fortaleza, como requisito
para obtenção do Título de Doutor.
Área de concentração: Ensino, currículo e
cultura.

Aprovado em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Ana Karine Portela Vasconcelos (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Paracuru

Prof. Dr. Albino Oliveira Nunes (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) -
Campus Mossoró

Profª. Drª. Caroline de Goes Sampaio
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Maracanaú

Prof. Dr. Hector Santiago Odetti
Universidade Nacional do Litoral (UNL)

Profª. Drª. Solange de Oliveira Pinheiro
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Victor Emanuel Pessoa Martins
Universidade de Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela minha fé e a saúde me dada para concluir esta etapa.

Aos meus pais, Claudia e Jackson, por todo amor, incentivo e exemplo de dedicação. Sem o apoio de vocês, nada disso seria possível.

À minha orientadora, professora Ana Karine, pela orientação firme, generosa e paciente, por cada conselho, revisão e palavra de estímulo ao longo do percurso. Ressalto que estive comigo desde o mestrado, sou muito grato por isso. Ao meu coorientador, professor Albino, pela parceria e pelas contribuições.

Às escolas EEM Dona Júlia Alves Pessoa, EEMTI São Francisco de Assis (Bom Jardim) e EEEP Darcy Ribeiro, que abriram as portas e contribuíram com esta pesquisa, especialmente aos gestores e estudantes que participaram com comprometimento.

Aos meus amigos, pela amizade sincera, compreensão e apoio constante durante os momentos de desafio nesta trajetória acadêmica.

In memoriam, registro minha profunda gratidão à professora Goretti, cuja contribuição foi essencial na primeira e segunda qualificação desta tese. Sua dedicação, sensibilidade e generosidade intelectual deixaram marcas neste trabalho e em minha formação.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada, meu sincero agradecimento.

RESUMO

O novo espírito científico, consoante os estudos de Gaston Bachelard, visa propor uma descontinuidade da visão tradicional de ensino, veementemente criticada, valorizando uma abordagem mais empírica e dinâmica. No entanto, os obstáculos epistemológicos não corroboram para isso, pois limitam a capacidade crítica e reflexiva. O estudo de Marco Antonio Moreira, no que diz respeito à Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, também ressalta a importância da construção ativa do conhecimento, enfatizando o papel dos estudantes na construção do saber, com foco no protagonismo juvenil. Destarte, a 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. Para isso, desenvolveu-se uma sequência didática centrada nos conceitos de ácidos, bases e óxidos, fundamentada nos estudos do químico Svante Arrhenius, tendo como tema gerador a chuva ácida. Utilizou-se, como referencial, os pressupostos epistemológicos de Bachelard, Astolfi e Moreira. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, pautada em uma metodologia de intervenção pedagógica, realizada com 58 estudantes da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública pertencente à rede regular de ensino, localizada na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. Os dados obtidos identificaram a presença dos obstáculos: experiência primeira, generalização, animista e substancialista. As aulas teóricas, interligadas às atividades investigativas, foram satisfatórias na ressignificação de conceitos e na minimização dos entraves identificados, contribuindo para um ensino dinâmico e reflexivo. Os resultados indicaram que as práticas pedagógicas fundamentadas em métodos investigativos e baseadas no protagonismo são ferramentas poderosas para superar modelos tradicionais de ensino. Constatou-se indícios de uma aprendizagem significativa crítica, conforme evidenciado nos instrumentos de coleta de dados, como os questionários e o *software* IRaMuTeQ. Ademais, a sequência didática proposta, baseada nos 11 princípios facilitadores da teoria, mostrou-se uma alternativa didática relevante que pode ser utilizada, na íntegra ou adaptada, por outros professores como recurso de ensino, reforçando a importância de metodologias que integrem teoria, prática e reflexão. Em suma, espera-se que este trabalho inspire novos estudos e propostas pedagógicas que integrem dialogicidade, experimentação e interdisciplinaridade, ampliando as possibilidades de minimização ou superação dos obstáculos epistemológicos e fortalecendo a construção do saber científico.

Palavras-chave: Obstáculos epistemológicos. Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Ensino de Química. Sequência Didática. Chuva Ácida.

ABSTRACT

The new scientific spirit, according to the studies of Gaston Bachelard, aims to propose a discontinuity with the traditional view of teaching, which is vehemently criticized, while valuing a more empirical and dynamic approach. However, epistemological obstacles do not contribute to this purpose, as they limit critical and reflective capacity. The study by Marco Antonio Moreira, regarding the Theory of Critical Meaningful Learning, also highlights the importance of the active construction of knowledge, emphasizing the role of students in the development of understanding, with a focus on youth protagonism. Thus, the research aims to investigate the presence of epistemological obstacles that hinder the comprehension of scientific knowledge, constituting barriers that crystallize thought and limit progress in learning. To this end, a didactic sequence was developed, centered on the concepts of acids, bases, and oxides, grounded in the studies of chemist Svante Arrhenius, with acid rain as the generating theme. The epistemological assumptions of Bachelard, Astolfi, and Moreira were used as the theoretical framework. This is a qualitative study, based on a pedagogical intervention methodology, carried out with 58 third-year high school students from the public school part of the regular education system, located in Fortaleza, Ceará, Brazil. The data obtained identified the presence of the following obstacles: first experience, generalization, animistic, and substantialist. Theoretical lessons, interconnected with investigative activities, were effective in the re-signification of concepts and in minimizing the identified barriers, contributing to a dynamic and reflective teaching process. The results indicated that pedagogical practices grounded in investigative methods and based on student protagonism are powerful tools to overcome traditional teaching models. Evidence of critical meaningful learning was observed, as demonstrated through data collection instruments such as questionnaires and the IRaMuTeQ software. Furthermore, the proposed didactic sequence, based on the 11 facilitating principles of the theory, proved to be a relevant didactic alternative that can be used, either in full or adapted, by other teachers as a teaching resource, reinforcing the importance of methodologies that integrate theory, practice, and reflection. In summary, this study is expected to inspire new research and pedagogical proposals that integrate dialogue, experimentation, and interdisciplinarity, expanding the possibilities of minimizing or overcoming epistemological obstacles and strengthening the construction of scientific knowledge.

Keywords: Theory of Critical Meaningful Learning. Chemistry Teaching. Didactic Sequence. Rain acid.

RESUMÉN

El nuevo espíritu científico, según los estudios de Gaston Bachelard, tiene como objetivo proponer una discontinuidad con la visión tradicional de la enseñanza, que es vehementemente criticada, al tiempo que valora un enfoque más empírico y dinámico. Sin embargo, los obstáculos epistemológicos no contribuyen a este propósito, ya que limitan la capacidad crítica y reflexiva. El estudio de Marco Antonio Moreira, en relación con la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, también destaca la importancia de la construcción activa del conocimiento, enfatizando el papel de los estudiantes en el desarrollo de la comprensión, con un enfoque en el protagonismo juvenil. Así, la 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. Con este fin, se desarrolló una secuencia didáctica centrada en los conceptos de ácidos, bases y óxidos, basada en los estudios del químico Svante Arrhenius, con la lluvia ácida como tema generador. Los supuestos epistemológicos de Bachelard, Astolfi y Moreira se utilizaron como marco teórico. Este es un estudio cualitativo, basado en una metodología de intervención pedagógica, llevado a cabo con 58 estudiantes del tercer año de educación secundaria de la escuela pública parte del sistema de educación regular, ubicada en Fortaleza, Ceará, Brasil. Los datos obtenidos identificaron la presencia de los siguientes obstáculos: primera experiencia, generalización, animista y sustancialista. Las clases teóricas, interconectadas con actividades investigativas, fueron efectivas en la resignificación de los conceptos y en la minimización de las barreras identificadas, contribuyendo a un proceso de enseñanza dinámico y reflexivo. Los resultados indicaron que las prácticas pedagógicas fundamentadas en métodos investigativos y basadas en el protagonismo del estudiante son herramientas poderosas para superar los modelos tradicionales de enseñanza. Se observaron evidencias de aprendizaje significativo crítico, demostradas a través de instrumentos de recolección de datos como cuestionarios y el software IRaMuTeQ. Además, la secuencia didáctica propuesta, basada en los 11 principios facilitadores de la teoría, se mostró como una alternativa didáctica relevante que puede ser utilizada, total o parcialmente, por otros docentes como recurso de enseñanza, reforzando la importancia de metodologías que integren teoría, práctica y reflexión. En resumen, se espera que este estudio inspire nuevas investigaciones y propuestas pedagógicas que integren el diálogo, la experimentación y la interdisciplinariedad, ampliando las posibilidades de minimizar o superar los obstáculos epistemológicos y fortaleciendo la construcción del conocimiento científico.

Palabras clave: Obstáculos epistemológicos. Teoría crítica del aprendizaje significativo. Enseñanza de la química. Secuencia didáctica. Lluvia ácida.

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
APÊNDICE B	Termo de Assentimento
APÊNDICE C	Questionário de pré-teste/pós-teste
APÊNDICE D	Questionário referente à escala Likert
APÊNDICE E	HQ, extraída do trabalho de Ramos <i>et al.</i> (2022), aplicada na aula expositiva e dialogada

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da escola	24
Figura 2. Obstáculos epistemológicos	32
Figura 3. Fluxograma para a superação do obstáculo	46
Figura 4. 11 princípios facilitadores da TASC	54
Figura 5. Representação das reações da Chuva Ácida	59
Figura 6. Consequências da Chuva Ácida	59
Figura 7. Trajetória da Chuva Ácida	60
Figura 8. Características da pesquisa qualitativa	68
Figura 9. Visão geral da SD	73
Figura 10. Mapa conceitual elaborado	77
Figura 11. Análise dos critérios	84
Figura 12. Elaboração do texto inicial número 5	106
Figura 13. Atividade realizada no PhET	109
Figura 14. Resolução da atividade por um trio	110
Figura 15. Resolução da atividade por uma dupla	111
Figura 16. Resolução da atividade no papel	111
Figura 17. Passos para uma abordagem construtivista	114
Figura 18. Materiais para o experimento	115
Figura 19. Solução de NaOH	116
Figura 20. Montagem do experimento	116
Figura 21. Materiais alternativos	117
Figura 22. Outra forma de realizar o experimento	118
Figura 23. Reação do gás no interior do béquer	119
Figura 24. Reações químicas na lousa	120
Figura 25. Elaboração do texto final	125
Figura 26. Nuvem de palavras dos textos	126
Figura 27. ADS dos textos iniciais	129
Figura 28. ADS dos textos finais	130

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Assertiva correta das questões 1, 2 e 3	90
Gráfico 2. Respostas das questões 5 e 6	95
Gráfico 3. Respostas da escala Likert	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Princípios programáticos facilitadores da TASC	52
Quadro 2. Dimensões aplicadas ao tema chuva ácida	66
Quadro 3. Etapas da realização da SD	71
Quadro 4. Categorias utilizadas na escala Likert	75
Quadro 5. Texto do tema gerador	78
Quadro 6. Atividade do <i>software</i> PhET	80
Quadro 7. Autoavaliação da experimentação	81
Quadro 8. Análise das questões 1, 2 e 3 do pré-teste	89
Quadro 9. Questão 4 com os respectivos obstáculos	90
Quadro 10. Classificação das respostas da questão 4	91
Quadro 11. Veracidade das declarações	97
Quadro 12. Reações químicas	121

LISTA DE SIGLAS

ADS	Análise de Similitude
AS	Aprendizagem Significativa
ASC	Aprendizagem Significativa Crítica
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEP	Conselho de Ética e Pesquisa
CNS	Conselho Nacional de Saúde
EA	Educação Ambiental
EEM	Escola de Ensino Médio
HQ	História em Quadrinhos
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MC	Mapa Conceitual
OE	Obstáculos Epistemológicos
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SD	Sequência Didática
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TASC	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1 A epistemologia de Gaston Bachelard referente aos obstáculos epistemológicos ...	25
3.1.1 Caracterização dos obstáculos epistemológicos	28
3.1.1.1 <i>Experiência Primeira</i>	33
3.1.1.2 <i>Conhecimento geral (generalização)</i>	34
3.1.1.3 <i>Obstáculo verbal</i>	35
3.1.1.4 <i>Obstáculo substancialista</i>	36
3.1.1.5 <i>Conhecimento unitário e pragmático</i>	38
3.1.1.6 <i>Obstáculo do Conhecimento quantitativo</i>	39
3.1.1.7 <i>Obstáculo animista</i>	40
3.1.1.8 <i>Obstáculo realista</i>	42
3.2 Estratégias para o tratamento dos obstáculos epistemológicos	44
3.3 Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica associada à experimentação	49
3.4 Relação da chuva ácida com a classe dos compostos inorgânicos	55
4. DISCUSSÃO GERAL SOBRE SEQUÊNCIA DIDÁTICA	62
5. METODOLOGIA	67
5.1 Descrição do público-alvo e locus da pesquisa	69
6. APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: DISCUSSÃO DAS ETAPAS	71
6.1. Etapa 1: aplicação do questionário pré-teste	73
6.1.1 <i>Etapa 1: aplicação do questionário da escala Likert e elaboração do texto</i>	74
6.2. Etapa 2: explanação do assunto e proposição do problema	77
6.3. Etapa 3: uso do software PhET	79
6.4. Etapa 4: experimentação da chuva ácida	81
6.5. Etapa 5: finalização das atividades	82
7. INSTRUMENTO DE INVESTIGAÇÃO ESTABELECIDO POR VÁZQUEZ-ALONSO ET AL. (2008)	84
8. BREVE DISCUSSÃO SOBRE O USO DO SOFTWARE IRaMuTeQ	85
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
9.1 Etapa 1: Identificação dos saberes e obstáculos - análise do pré-teste	88
9.1.1 <i>Etapa 1: Identificação dos saberes e obstáculos - escala Likert</i>	96

9.2 Etapas 2 e 3: explanação do assunto e uso do <i>software</i> PhET	107
9.3 Etapa 4: experimentação da chuva ácida	113
9.4 Etapa 5: Elaboração dos textos através dos mapas	123
9.4.1 <i>Discussão dos textos através do uso do IRaMuTeQ</i>	126
9.4.2 <i>Discussão do questionário pós-teste</i>	133
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
REFERÊNCIAS	140
APÊNDICE A - TCLE	153
APÊNDICE B - TERMO DE ASSENTIMENTO	158
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE/PÓS-TESTE	160
APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO REFERENTE À ESCALA LIKERT	163
APÊNDICE E - HQ	166

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 a energia envolvida nesses processos (Brown; Lemay; Bursten, 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 (Passos; Vasconcelos, 2024; Silveira; Oliveira; Nunes, 2025a).

Ela fornece explicações importantes sobre diversos fenômenos da natureza e esse saber pode ser utilizado em benefício de todos na sociedade, tanto os seres humanos quanto o meio ambiente. Dentre alguns aspectos positivos desse estudo há o aumento da produção de alimentos, de descobertas de curas e tratamentos de doenças, de vestuário, de moradia, da criação de fertilizantes e da utilização de energias renováveis em prol do meio ambiente e, consequentemente, da sociedade (Atkins; Jones, 2011; Birch, 2018; Rocha *et al.* 2022).

O estudo dessa área também possibilita entender a linguagem dos conceitos químicos, que são universais, para descrever e melhorar o saber e facilitar o entendimento em prol da sociedade e do meio ambiente. Levando em consideração o processo de ensino e aprendizagem no que tange ao aspecto microscópico quanto o macroscópico, os mesmos devem ser contemplados em sala a fim de facilitar a compreensão do saber científico. O uso de metodologias diferenciadas, no sentido que considerem os sujeitos protagonistas e não como depósito de saberes, devem ser utilizadas em sala que contemplem os aspectos mencionados (Filgueiras; Vasconcelos; Silveira, 2023; Júnior; Pires, 2019; Leite; Júnior; Rodrigues, 2018; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

Nada obstante, segundo a pesquisa de Leão, Santos e Souza (2020), Mesquita (2023), Passos e Vasconcelos (2024) e Pereira (2021), o estudante afirma que seu estudo é abstrato no âmbito escolar, todavia é necessária e positiva à sua abordagem para compreender os fenômenos do mundo que nos cerca, e, além disso, os conteúdos podem estar atrelados ao dia a dia para facilitar a aprendizagem. A Química é estereotipada como complexa e isso pode refletir no senso crítico do estudante como cidadão, no qual o modelo tradicional de ensino não se preocupa em estimular a curiosidade nem desafia cognitivamente os estudantes (Leal; 2009; Moreira, 2021; Silveira *et al.*, 2019).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), documento normativo que estabelece os saberes, competências e habilidades essenciais referentes aos estudantes da Educação Básica do país, 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 estudantes percebam a Química como uma disciplina distante, limitada à memorização de conceitos e à realização de experimentos desconexos, contribuindo para a falta de significado e interesse na aprendizagem (Leão; Santos; Souza, 2020; Medeiros; Rodrigues; Silveira, 2016; Passos; Vasconcelos, 2024). 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 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 (Freire, 1996).

Medeiros, Rodrigues e Silveira (2016) afirmam que a educação escolar deve proporcionar o exercício da problematização da vida social, fazendo com que sejam sujeitos críticos para facilitar o estudo. Almeida e Broietti (2023) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a) reforçam que atividades problematizadas, que instiguem a investigações para a sua resolução corroboram para a apreensão do saber tornando os sujeitos ativos no âmbito escolar.

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 apenas como alguém que retém os saberes completamente prontos (Bachelard, 1971; Moreira, 2021; Vanin; Takeda; Lourenço, 2024).

Os indivíduos trazem consigo saberes prévios sobre os conteúdos científicos abordados no ensino, provenientes de suas experiências cotidianas e do senso comum. De acordo com Leal (2009), é essencial transformar o conhecimento científico em conhecimento escolar na disciplina de Química, levando em consideração as bagagens culturais (Moreira, 2017).

Segundo Bachelard (2008) o conhecimento científico é sempre uma transformação de uma ilusão, mostrando assim a ligação intrínseca entre o conhecimento científico e o empírico, desde que haja momentos de reflexão e contextualização. A ciência vai além do que é considerado óbvio, sendo imprescindível ultrapassar essa visão para confirmar os aspectos científicos diante das pesquisas e da própria trajetória científica. Realizar ciência não se resume a organizar as percepções, mas sim comprová-las, em prol do saber científico (Bachelard, 1971).

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. Essa discussão, amplamente abordada por Gaston Bachelard, ressalta a necessidade de um ensino que estimule a problematização e a reconstrução do conhecimento.

2. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

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*), traduzida por Estela dos Santos Abreu em 1996 pela editora Contraponto, no Rio de Janeiro, contempla uma discussão sobre a temática, tanto do ponto de vista filosófico quanto científico.

Os subterfúgios pedagógicos que serão explanados devem ser evitados e/ou identificados, pois podem gerar discussões inverídicas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem, o que culmina na construção destes obstáculos. Segundo Silveira *et al.* (2019) e Trindade, Nagashima e Andrade (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 Almeida (2023), Silveira e Vasconcelos (2022), Batista e Gomes (2020), Silva Júnior e Pires (2019), Silva e Ferri (2020), Nascimento (2022), Passos e Vasconcelos (2024), Rodrigues (2024) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a). A mesma, quando atrelada a TAS, foge do modelo tradicional de ensino e induz ao protagonismo em face da dialogicidade e criticidade, sendo importante a sua abordagem no planejamento dos professores.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), Lei nº 9.394/1996, principal legislação que regula a educação no Brasil, diz que é essencial a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (Brasil, 1996). Portanto, vem nos mostrando que as escolas de Ensino Médio devem proporcionar ao estudante essa junção entre a teoria e a prática em cada uma das disciplinas. As atividades práticas em laboratório preparam o educando para a construção do saber, do conhecer e do seu desenvolver.

Na pesquisa de Silveira e Vasconcelos (2023) foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), cujo objetivo é compreender e impulsionar o avanço das pesquisas que demandam evidências empíricas (Galvão; Ricarte, 2019), na qual se constatou a escassez de

estudos que inter-relacionem a experimentação com a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), evidenciando a necessidade de investigações adicionais e um aprofundamento teórico na área.

Além disso, as discussões acerca da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) ainda se mostram incipientes, sobretudo no que diz respeito aos novos conceitos propostos por Moreira, que vinculam a criticidade à formação do novo espírito científico de Bachelard. Essa lacuna foi evidenciada por meio de uma RSL, no qual buscou-se caracterizar as abordagens presentes na literatura nacional sobre os elementos da TASC em sua relação com o pensamento de Gaston Bachelard. A escolha das palavras-chave foi orientada pela intenção de estabelecer essa relação.

Dessa forma, realizou-se uma pré-seleção utilizando as palavras-chave “Gaston Bachelard” e “Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica” como critérios de busca em bases de dados, tais como o Periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e o SciELO (Scientific Electronic Library Online). O período de análise abrangeu os últimos dez anos, considerando publicações entre 2014 e 2024. Contudo, não foram encontrados estudos que estabeleçam uma conexão entre a TASC e as contribuições teóricas de Bachelard.

À vista desses estudiosos, é importante ater-se que a responsabilidade da educação é dupla: fornecer aos estudantes ferramentas essenciais para que possam responder a questões científicas e técnicas em seu dia a dia, além de promover atitudes e métodos de pensamento que se assemelhem aos utilizados pelas ciências em seus experimentos. Uma das consequências é que não sabem explicar cientificamente como podem ocorrer determinados fatos, como, por exemplo, as características de um átomo gerando um entrave na aprendizagem (Silveira *et al.* 2019) ou a razão do óleo não se misturar com a água (Faria; Recena, 2020) e a questão de conceitos errôneos relacionados a densidade (Melo; Rodrigues, 2024).

De acordo com Bachelard (1996, p. 21) “o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar.” Nesse sentido, o professor precisa assumir uma postura investigativa, ser conciliador no processo de ensino e aprendizagem em posse da reflexão na ação, no momento efetivo da sua prática docente. Uma abordagem didática tradicional, que não tem relação com a formação do novo espírito científico, tem ênfase na instrução formal em que o estudante é um receptor passivo do saber.

A capacidade de argumentação, reflexão e contextualização é desconsiderada (Bachelard, 1971). Outros estudos, como a de Mesquita (2023) e Silveira e Nunes (2024)

asseveram que o ensino de Química ainda é trabalhado com ações tradicionalistas, sem aspectos de cunho interpretativo e de reflexão, com atividades apenas pautadas na memorização.

O professor precisa estar aberto a buscar novos recursos metodológicos a fim de dinamizar o ensino visando à formação de sujeitos éticos, críticos e reflexivos na sociedade em que vivem. A não aderência a se reinventar na profissão pode tornar o processo de ensino e aprendizagem de Química estanque, sem um afã para aprender. É substancial que o ensino esteja atrelado ao dia a dia, que faça sentido para o estudante (Dunker; Bedin; Pino, 2023; Nascimento, 2022).

Conforme Bachelard (1996, p. 24) “[...] o educador não tem o senso do fracasso justamente porque se acha o mestre.” Esse precisa assumir uma postura investigativa, ser mediador no processo de ensino e aprendizagem em detrimento da reflexão na ação, no momento efetivo da sua prática docente, assim como refletir sobre sua ação para confirmar o que deu certo ou não dentro do seu planejado.

No âmbito do ensino de Química, o estudo da classe das funções inorgânicas ácidos, bases e óxidos segundo Svante Arrhenius (1859-1927) se destaca como uma oportunidade para abordar temas transversais de grande relevância, como o meio ambiente e a Chuva Ácida, atendendo aos preceitos da BNCC e da LDB no que tange à contextualização e dinamização do ensino. Essas funções não apenas apresentam uma complexa interrelação química, mas também ilustram as consequências da intervenção humana nos sistemas naturais, permitindo que os professores estimulem a criticidade e a responsabilidade socioambiental (Leão; Santos; Souza, 2020; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

Trabalhos foram desenvolvidos nessa área a fim de facilitar o processo de apreensão do saber, como os de Oliveira, Rossi e Alves (2020), Passos e Vasconcelos (2023), Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a) e Silveira, Vasconcelos e Sampaio (2019). Esses estudos evidenciam que a abordagem tradicional costuma dificultar a compreensão dos conceitos fundamentais do assunto. Em contrapartida, metodologias ativas e contextualizadas demonstram maior eficácia ao facilitar a assimilação desses conceitos, tornando o aprendizado mais significativo.

No geral, a abordagem desse tema no contexto educacional ainda se mostra deficiente, muitas vezes restrita a definições teóricas e desconectada da vivência dos estudantes. Esse cenário pode contribuir para a persistência de OE, que dificultam a compreensão dos conceitos. A ausência de estratégias didáticas que estimulem a experimentação, a contextualização e a problematização reforça essas dificuldades, tornando o ensino

fragmentado e mecânico. Dessa forma, torna-se essencial repensar as práticas pedagógicas voltadas para o ensino da classe das funções inorgânicas, adotando abordagens que favoreçam uma aprendizagem significativa crítica (ASC) e permitam aos estudantes superar os desafios inerentes ao processo de construção do saber científico.

Entre as principais dificuldades nesse estudo, destaca-se a falta de contextualização e experimentação, o que dificulta a relação entre o conhecimento teórico e sua aplicação prática. Essas atividades tornam-se mais pertinentes e envolventes quando os estudantes assumem um papel ativo na formulação e no planejamento da resolução do problema, analisando criticamente e debatendo suas conclusões em um processo de investigação orientada (Fagundes; Zara; Oliveira, 2021; Filgueiras; Vasconcelos; Silveira, 2023; Gil Perez *et al.*, 1996).

Muitos estudantes apresentam dificuldades em identificar a relação entre as propriedades químicas das substâncias e suas aplicações práticas, tornando a aprendizagem fragmentada e pouco significativa. Além disso, a nomenclatura e a simbologia química podem representar barreiras adicionais, dificultando a assimilação dos conteúdos de forma integrada e contextualizada (Cardoso *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, a adoção de atividades diferenciadas, como a experimentação investigativa e abordagens interdisciplinares, tem se mostrado uma estratégia eficaz para minimizar essas dificuldades. A experimentação com materiais alternativos, por exemplo, permite a visualização das reações químicas de maneira prática e acessível, favorecendo a construção do saber e a minimização/superação dos OE (Filgueiras; Vasconcelos; Silveira, 2023; Silveira *et al.*, 2019). Experimentos envolvendo a reação de neutralização ácido-base, simulações computacionais sobre o impacto da chuva ácida na sociedade e atividades investigativas sobre o papel dos óxidos na poluição atmosférica são exemplos de práticas a serem desenvolvidas.

Adicionalmente, o estudo de Silva *et al.* (2014) discute os OE presentes no ensino de Química Geral e Inorgânica no nível superior, com ênfase na definição ácido-base proposta por Arrhenius. Os autores ressaltam que, apesar da importância histórica e didática desse modelo, sua aplicação exclusiva no ensino pode limitar a compreensão, uma vez que desconsidera contextos mais amplos e sistemas nos quais a definição não se aplica. Além disso, o trabalho aponta críticas à abordagem tradicional das chamadas “funções inorgânicas”, destacando que sua abordagem muitas vezes fragmentada e descontextualizada pode dificultar a construção do saber.

Através do diálogo na abordagem desse tema no ensino da Química é possível discutir as ações resultantes da intervenção humana sobre os recursos naturais de forma crítica, robustecendo para a conscientização dos estudantes em prol de uma transformação social. No trabalho de Silva (2019) assevera que uma solução para reduzir os efeitos nocivos dessas mudanças é mudar o estilo de vida das pessoas. Esse processo se inicia com a aquisição de informações e uma de suas ferramentas são trabalhos voltados para esse tema.

Diante desse cenário, a presente inquirição busca responder à seguinte questão: *“Como os obstáculos epistemológicos interferem na compreensão dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, e até que ponto uma SD baseada na TASC pode contribuir para sua superação?”* Esse questionamento norteia a investigação e é retomado nas considerações finais para avaliar os resultados alcançados.

Assim, o trabalho tem como objetivo investigar a presença de obstáculos epistemológicos que estorvam a compreensão científica dos conceitos de ácidos, bases e óxidos. Para esse fim, propõe-se uma SD fundamentada nos estudos da TASC e nas contribuições de Jean-Pierre Astolfi, a qual contempla atividades diversificadas que abordam o fenômeno da Chuva Ácida. O propósito é promover uma ASC e, por conseguinte, contribuir para a minimização/superação dos obstáculos presentes no processo de ensino e aprendizagem.

Destarte, desenvolver e aplicar uma SD para a minimização ou até a superação dos obstáculos existentes no processo de ensino e aprendizagem no conteúdo dos ácidos, bases e óxidos. O público-alvo foram 58 estudantes da terceira série do Ensino Médio da rede pública de ensino do estado do Ceará da escola EEM Dona Júlia Alves Pessoa. Ela está situada na Rua São Francisco, 125, no bairro Bom Jardim, em Fortaleza, Ceará, CEP 60545-064. A Figura 1 ilustra a fachada da escola, destacando sua infraestrutura e localização.

Figura 1. Localização da escola



Fonte: Google Imagens (2025).

A pesquisa foi submetida à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), atendendo aos requisitos éticos estabelecidos para estudos que envolvem seres humanos. O projeto foi aprovado sob o número de protocolo 7.319.660, garantindo a conformidade com as diretrizes da Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos, endossando a pesquisa para análises e estudos posteriores:

- Identificar os OE na concepção dos estudantes em relação à classe de compostos inorgânicos ácidos, bases e óxidos.
- Implementar uma SD alinhada à TASC, com o propósito de minimizar/superar aqueles já identificados.
- Constatar indícios de uma ASC por meio do uso do *software* IRaMuTeQ na análise dos textos elaborados pelos estudantes com o uso de um mapa conceitual.

Para esse fim, foram adotadas as seguintes estratégias: proposição de situações-problema, realização de experimentação investigativa sobre a Chuva Ácida, utilização dos *software* PhET e IRaMuTeQ. Essas estratégias serão discutidas ao longo da tese, integrando a SD proposta.

A hipótese desta pesquisa sustenta que a investigação dos OE no contexto escolar, aliada à aplicação de atividades contextualizadas dentro da SD fundamentada nos 11

princípios da TASC, pode contribuir para a minimização ou superação dessas barreiras. Além disso, espera-se que essa abordagem proporcione um avanço mais significativo no processo de construção do conhecimento pelos estudantes, culminando na ASC. Esse avanço pode ocorrer em razão da adoção de práticas pedagógicas mais reflexivas e críticas, visando potencializar a assimilação dos conceitos. Esse progresso está alinhado à formação do novo espírito científico proposto por Bachelard, que se encontra em consonância com a teoria adotada.

Com essa abordagem, busca-se promover um ensino de Química mais significativo, alinhado às diretrizes da BNCC e da LDB, além de contribuir para a formação de cidadãos críticos e conscientes. Essa contribuição será avaliada por meio da análise qualitativa das respostas dos estudantes aos instrumentos aplicados, tais como questionários e atividades práticas, permitindo investigar as mudanças em suas concepções e a construção do pensamento científico ao longo das atividades.

Nas seções seguintes, são discutidas as concepções do filósofo Gaston Bachelard, com ênfase nos OE por ele evidenciados. Em seguida, apresenta-se a perspectiva de Astolfi (1994) e Astolfi e Develay (1995) acerca das etapas para a minimização e até mesmo a superação desses obstáculos, as quais incluem a identificação, a fissuração, a superação e a automatização dos saberes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A epistemologia de Gaston Bachelard referente aos 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 Albert Einstein e a Mecânica Quântica, que evidenciaram a necessidade de romper com paradigmas científicos tradicionais (Lopes, 1993a, 1993b). 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.

Bachelard nasceu em Bar-sur-Aube, na região de Champanha, França, em 1884, e faleceu em Paris, em 16 de outubro de 1962. Ao longo de sua trajetória, vivenciou e participou ativamente de diversos contextos históricos e sociais de sua nação. Proveniente de uma região rural, teve sua formação em engenharia interrompida em decorrência de sua

participação na Primeira Guerra Mundial (Sant’Anna, 2010). Adicionalmente, Soares (2017, p. 58-59) 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.

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; Silveira *et al.*, 2019; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

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; Rodrigues; Silveira, 2016). Desse modo, ele enfatiza a necessidade de uma abordagem epistemológica rigorosa, na qual o conhecimento científico deve ser construído por meio de um pensamento crítico e dinâmico, rompendo com concepções simplistas e promovendo a superação dos OE que limitam a compreensão profunda do saber.

Segundo Lima e Marinelli (2011, p. 394) os principais conceitos do epistemólogo são: “concepção de ruptura, vigilância, obstáculos epistemológicos, problemática e recorrência, na construção do novo espírito científico, em contraposição às filosofias do imobilismo.” 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” (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. Complementarmente, Velanes (2017, p. 68) aponta que:

o pensamento científico então se reorganiza, razão e experimentação associam-se em uma técnica extremamente refinada, as ciências adquirem estatuto social, abandonam o caráter imediatista das intuições primeiras e opiniões e institui seus fundamentos no modelo teórico-matemático.

Bachelard não apenas criticava a transmissão dogmática do conhecimento científico, mas também enfatizava a necessidade de um rompimento com os saberes prévios sem desvalorizá-los, defendendo a construção do que denominou "novo espírito científico". Para ele, a aprendizagem deveria se basear na problematização e na superação dos OE, pois assim os estudantes poderiam desenvolver um pensamento autêntico e crítico. Nesse sentido, sua abordagem ressalta que a ciência não deve ser ensinada como um conjunto de verdades absolutas, mas como um processo dinâmico e contínuo de reconstrução do saber (Bachelard, 1996; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

O novo espírito científico 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. O início dele tem por base o ano de 1905, no qual é um momento em que a relatividade de Albert Einstein deturpa conceitos relevantes, basilares, que eram taxados como algo fixo. Para o filósofo, 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 (Chimore; Moreira; Sahelices, 2021; Costa; Júnior; Gobara, 2019; Silveira *et al.*, 2019).

No âmbito do ensino de Química, é fundamental que o professor adote uma abordagem fenomenológica que estimule a problematização e o questionamento, promovendo o desenvolvimento do espírito crítico e investigativo. Essa perspectiva está em consonância com o novo espírito científico e atende às diretrizes da BNCC e da LDB, que preconizam um ensino contextualizado, reflexivo e alinhado à construção ativa do conhecimento.

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 (Almeida; Broietti 2023, Blasques; Silveira; Cedran, 2023; Silveira; Vasconcelos, 2023; Silveira; Nunes, 2024).

O foco deste estudo reside nos saberes adquiridos pelos estudantes, que podem se manifestar como barreiras ao avanço do conhecimento científico. Esses OE, entendidos como subterfúgios pedagógicos, serão discutidos a seguir. O livro do autor que traz essa temática é “A formação do espírito científico”, no qual apresenta também textos na área da Química e da Física dos séculos XVII e XVIII.

3.1.1 Caracterização dos obstáculos epistemológicos

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; Lemay; Bursten, 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, p. 97): “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.” 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; Lemay; Bursten, 2005; Faria; Recena, 2020; Melo; Rodrigues, 2024; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

O erro não deve ser refutado ou visto como aspecto negativo, como geralmente reputado pelo senso comum, mas sim, como necessário ao entendimento do conteúdo abordado em sala. O questionamento desse erro é fundamental para que haja avanço no

conhecimento científico, no qual o aprendiz deve ser tratado como sujeito ativo, que suas ideias e pensamentos sejam levados em consideração. É importante salientar que o erro caso seja protegido e/ou defendido pode configurar-se como obstáculo (Bachelard, 1996; Faria; Recena, 2020). É importante reordenar esses saberes em uma nova ordem de racionalidade, cujo processo não significa erradicá-los, contudo usá-los ao seu favor.

O erro pode desencadear uma ruptura epistemológica, pois deixa de ser percebido como um elemento negativo e passa a integrar o processo de construção do conhecimento. A ciência, ao invés de se apresentar como um discurso absoluto e imutável, incorpora o erro como parte fundamental da sua dinâmica investigativa, ainda que esse aspecto seja frequentemente desconsiderado no ambiente escolar (Bachelard, 1996).

Assim, o saber científico deve orientar as práticas pedagógicas de modo a promover uma AS, possibilitando que os estudantes assumam um papel de protagonista nesse processo (Fagundes; Zara; Oliveira, 2021; Kunzler, 2024; Passos *et al.*, 2023; Santos, 2019; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). Nesse sentido, Lopes (2007) destaca que o erro atua como um propulsor do conhecimento, fomentando a reflexão crítica e contribuindo para a aprendizagem.

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, p. 18) “as ciências físicas e químicas, no seu desenvolvimento contemporâneo, podem ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamento que rompem nitidamente o conhecimento vulgar.” 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), Silveira *et al.* (2019) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025b). 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 Bachelard (1996, p. 50):

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.

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 subterfúgio pedagógico e comprometer a aprendizagem (Bachelard, 1971).

A construção de conceitos de forma coerente e fundamentada é essencial para a produção e a apropriação do conhecimento, sendo fundamental considerar os desafios que podem dificultar esse processo. No ensino de Química, é imprescindível que, antes de qualquer barreira epistemológica, sejam promovidos o diálogo, a ação, a reflexão e o desenvolvimento do espírito científico, garantindo uma aprendizagem significativa e crítica (Assunção; Barros; Campos, 2020; Kunzler; 2024; Mateus; Ferreira, 2021; Silveira *et al.*, 2019; Silveira; Nunes, 2024). Nesse sentido, Bachelard (1996, p. 17) enfatiza:

Não se tratam de obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentsidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos.

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 OE 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 (Parente, 1990).

Dentro do âmbito da pesquisa sugerida, é responsabilidade do educador reconhecer, reunir, analisar e contestar as conjecturas feitas pelos estudantes por meio de observações ou experimentos, com o intuito de consolidar os conhecimentos em Química, validando ou ajustando as hipóteses em relação ao tema em estudo, mantendo a fidelidade aos dados científicos (Blasques; Silveira; Cedran, 2023). Bachelard (1978) assevera em sua obra que os professores devem estar atentos a maneira de ensinar Ciência, para que fuja do tradicionalismo presente no ensino e ajude no processo de estabelecimento de um saber científico adequado, ou seja, dentro da literatura.

Conforme Astolfi e Develay (1995), um dos estilos próximos da pedagogia tradicional é a aprendizagem por transmissão-recepção. O diálogo entre professor e estudante gira em torno apenas do primeiro que orienta por completo as atividades. Esse ensino remete a decorar o estudo em questão e os estudantes são induzidos a isso, uma vez que a resposta é objetiva do fenômeno (Freire, 1996).

No contexto geral, Bachelard, apesar de ter se dedicado ao estudo da construção do conhecimento científico, também se interessou pelos desafios do ensino e aprendizado desse conhecimento em sua vasta obra literária. Os OE não estão presentes apenas na pré-ciência ou na evolução histórica da ciência, eles também se manifestam no contexto educacional, atrapalhando a aquisição do novo conhecimento científico ao bloquear o raciocínio lógico do estudante e impedir a compreensão objetiva (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Ele enfatiza a importância de levar em consideração o processo histórico de construção do conhecimento, as experiências iniciais dos estudantes e as dificuldades que enfrentam ao ensinar determinado conhecimento. Por fim, Parente (1990, p. 60) afirma que “os obstáculos epistemológicos se incrustam num conhecimento não questionado.”

Os obstáculos denominados por Bachelard (1996), total 8, passíveis de ocorrerem no processo de ensino e aprendizagem, conforme a Figura 2, são as causas da estagnação do pensamento, no regresso 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; Rosalino, 2021; Silveira *et al.*, 2019; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Figura 2. Obstáculos epistemológicos



Fonte: Elaboração própria (2025).

Os OE podem surgir de formas variadas e em contextos diversos. Estes desafios podem se apresentar em diversos campos do saber. Ademais, podem se manifestar em distintos graus de complexidade, desde a Educação Básica até o Ensino Superior. Por exemplo, em um cenário de ensino de ciências, um desafio epistemológico multifacetado pode surgir como uma ideia equivocada alternativa que um estudante possui em relação a um conceito científico específico. Isso pode resultar em uma relutância em aceitar a explicação científica estabelecida, o que dificulta a formação de um entendimento mais correto (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

No trabalho de Silveira *et al.* (2019), por exemplo, constataram a importância de se preparar melhor ao abordar os assuntos referentes aos modelos atômicos por meio de comparações ou figuras de linguagem, uma vez que, se feito de maneira inadequada, pode surgir esses entraves epistemológicos conforme os resultados evidenciados, haja vista gerarem distorções conceituais que escoltam o estudante durante a sua formação.

Já na área da matemática, exemplificando, um obstáculo pode surgir quando há dificuldade em entender conceitos abstratos, no qual o conhecimento abordado em sala não pode ser utilizado ou não se encontra acessível para a situação em análise aí culmina em um entrave (Chirone; Moreira; Sahelices, 2021; Pereira; Costa, 2023; Santos; Oliveira; Santos, 2024).

De maneira sucinta, afirmar que os OE são variados significa que eles se apresentam de formas, características e contextos distintos. Compreender essa diversidade e, principalmente, as características deles, é essencial para lidar com eles de modo eficaz, ajustando os métodos de ensino e aprendizagem para satisfazer as demandas individuais e as peculiaridades de cada campo do saber.

A caracterização dos obstáculos como critério para a definição dos objetivos deve ser interdependente e articulada, evitando a utilização isolada dos conceitos. Subestimar um obstáculo que se deseja superar constitui um equívoco; no entanto, refletir sobre estratégias para sua superação é um aspecto essencial do processo de aprendizagem (Astolfi; Develay, 1995). A permanência desses entraves ocorre na ausência de questionamentos, uma vez que a dúvida e a inquietação intelectual são fundamentais para instigar o espírito crítico e estabelecer um contínuo diálogo com o saber empírico (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

A identificação desses entraves não ocorre por meio de um método particular para cada um deles, mas sim através de uma compreensão abrangente de suas características e de como se manifestam no pensamento científico. O que caracteriza cada um como um obstáculo não é um critério de identificação isolado, mas sim a maneira como esses afetam o progresso do conhecimento, limitando a criação de novas ideias e solidificando concepções pré-existentes. Portanto, não existe uma estratégia única para reconhecer os obstáculos; em vez disso, é necessário um enfoque epistemológico mais amplo, que possibilite a compreensão de sua essência e das dificuldades que impõem ao aprendizado e à construção do saber.

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 alguns trabalhos recentes vêm sendo desenvolvidos para aprimorar as práticas pedagógicas, facilitando a compreensão dos conceitos científicos e evitando a formação desses obstáculos.

Posto isso, na seção subsequente, os OE identificados por Bachelard serão discutidos de forma mais detalhada.

3.1.1.1 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; Lemay; Bursten, 2005; Parente, 1990).

Bachelard (1996, p. 29) observa que “a crítica não pôde intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura.” 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. Complementarmente, Odetti (2019, p. 156) aponta: “Para evitar isso é necessário que o professor não fique nos efeitos da experiência, mas ressaltar a essência.”

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. Segundo Faria e Recena (2020, p. 24): “Sem a ação da crítica, a experiência se torna estéril e fútil e não pode ser usada como apoio seguro ao conhecimento científico.”

De acordo com Bachelard (1996), o indivíduo impulsionado pelo espírito científico não apenas busca o conhecimento, mas também o questiona e o aprimora continuamente. Nesse contexto, o educador deve assumir uma postura investigativa, atuando como mediador no processo de ensino e aprendizagem, em vez de se limitar à mera reflexão sobre sua prática durante as aulas (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

3.1.1.2 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. Há uma imobilidade do pensamento, no qual as explicações posteriores dos fenômenos irão ser condicionadas através das explicações consideradas principais, do fenômeno geral.

Um aspecto geral não deve ser tomado como a única explicação de um determinado episódio pois pode haver um prazer intelectual, ou seja, ao invés de entender detalhes dos aspectos que assolam o tema há uma estagnação, pois subentende-se que o estudo minucioso seja desnecessário pois o sujeito já sabe de tudo (Faria; Recena, 2020; Odotti, 2019; Parente; 1990; Silveira *et al.*, 2019). Esse pode dificultar o desenvolvimento do espírito científico pois cessa o caráter investigativo do estudante perante a generalizações exacerbadas, o que foge ao protagonismo juvenil.

Isso condiciona a um conhecimento superficial, sem estar em conformidade com a literatura. Por fim, Bachelard (1996, p. 72): “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.”

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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

3.1.1.3 Obstáculo verbal

Bachelard (1996, p. 95) alerta que “[...] a imagem tão clara pode, quando aplicada, ficar mais confusa e complicada.” 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 consistente. 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.

Conforme Bachelard (1996, p. 101): “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.” A palavra esponja é abordada na sua obra para exemplificar, no qual a mesma é usada em diversas situações, como fenômenos atmosféricos como elétricos, contudo é uma enxurrada de generalizações mal colocadas, até mesmo equivocadas, que acometem a aprendizagem (Bontems, 2017).

Um exemplo no trabalho de Odetti (2019, p. 158), dentro da área da Química Ambiental, é o seguinte:

O que é o ozônio? É um buraco! Ou seja, que com uma só palavra que faz referência à diminuição da camada de ozônio que os cientistas denominaram “buraco” se define o ozônio, que é em realidade um gás, como variedade alotrópica do Oxigênio, o estudante está dando a imagem que se tem do Ozônio.

Mostra-se uma resposta simples utilizando uma única qualidade, sem necessidade de aprofundá-la, apenas uma categoria empírica. O conteúdo relacionado aos modelos atômicos também é frequentemente associado a objetos específicos, como as passas em um pudim, utilizadas para representar as partículas subatômicas denominadas elétrons. No entanto, essa associação pode ocorrer de maneira acrítica, sem um entendimento aprofundado do fenômeno, limitando-se a uma analogia na qual o conteúdo é apresentado por meio de uma semelhança superficial.

Tal prática dificulta o desenvolvimento do pensamento abstrato necessário para a compreensão dos aspectos microscópicos da Química, resultando em uma assimilação inadequada dos conceitos fundamentais (Duit, 1999; Silveira *et al.*, 2019).

3.1.1.4 Obstáculo substancialista

Bachelard (1996, p. 121) 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.

Diante disso, ele é caracterizado por intuições dispersas, opostas, que pode ser, em parte, abordado através do materialismo promovido pelo uso de imagens/figuras ou da atribuição de características positivas. Nesse viés, são atribuídas características diversas a um conceito, cuja preocupação se dá apenas de maneira externa em que os aspectos intrínsecos do conceitos são desconsiderados no processo de ensino e aprendizagem. A alegação de uma característica, qualidade oculta ou íntima, trava o desenvolvimento do pensamento científico, pois a substancialização irá permitir uma explanação breve e básica (Lopes; 1993b).

Diversos adjetivos são frequentemente atribuídos a um objeto, como no caso do fluido elétrico, descrito com características como "viscosa, untuosa e tenaz", conforme a teoria de Boyle. Nessa perspectiva, a eletricidade é equiparada a uma cola, conferindo-lhe um caráter quase material. Esse processo de substantificação das qualidades torna-se, muitas vezes, uma necessidade cognitiva, levando a uma interpretação substancialista dos fenômenos (Bachelard, 1996).

No entanto, tal abordagem pode restringir o desenvolvimento do pensamento crítico, uma vez que inviabiliza questionamentos e reflexões mais aprofundadas, ao invés de fomentar debates e investigações científicas. Nesse sentido, Bachelard (1996, p. 127) enfatiza 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.”

Lopes (2007) pontua que o obstáculo substancialista está muito presente nos livros didáticos na teoria ácido-base. Silva *et al.* (2014) apontam que tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior os livros didáticos ainda apresentam, muitas vezes, que é necessário a presença do íon (H^+) nas propriedades ácidas e a presença do íon (OH^-) nas propriedades básicas, o que é uma maneira equivocada de abordar pois não há uma concepção fixa dessas

substâncias, haja vista existirem também sais ácidos e sais básicos, óxidos ácidos e óxidos básicos.

Um exemplo dessa complexidade conceitual é o sal sulfato de magnésio (MgSO_4)_(s), que, apesar de não conter íons hidrogênio ou hidroxila em sua estrutura, apresenta caráter ácido e, conseqüentemente, reage com bases. Essa característica evidencia a necessidade de uma abordagem crítica e reflexiva no ensino de conceitos químicos, evitando explicações simplificadas e reducionistas. Assim, ao tratar de temas como esse, é fundamental promover discussões que ampliem as perspectivas dos estudantes, incentivando a construção de um conhecimento dinâmico e evitando a adoção de concepções fixas e substancialistas.

3.1.1.5 Conhecimento unitário e pragmático

Esse obstáculo se relaciona às dificuldades dentro do ensino que muitas vezes são resolvidas através de uma visão global, normalmente oriunda da natureza através de um princípio geral. Segundo Faria e Recena (2020, p. 26): “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.”

Diversas atividades têm como manifestação de uma só natureza, como a ideia de luz abordada na obra de Bachelard (1996), onde ela é suficiente para definir diversos conceitos. Bachelard (2008) observou no âmbito da Química do século XVIII que as explicações apontavam que a luz se combina com as substâncias quando entra em contato transferindo suas propriedades as mesmas, fornecendo ainda o princípio substancial das cores. Essa absorção material da luz na abordagem dos conceitos científicos, de forma ingênua e vaga, é que explica tudo e isso implica negativamente em qualquer pesquisa.

As analogias quando utilizadas de forma errônea proporcionam fugas de ideias, impedem a curiosidade, traduzem-se em um caráter utilitário, uma indução pragmática por explicações generalizadas dos conceitos. De acordo com Bachelard (1996, p. 113-114):

A própria utilidade fornece uma espécie de indução muito especial que poderia ser chamada de indução utilitária. Ela leva a generalizações exageradas. Pode-se então partir de um fato verificado, pode-se até encontrar-lhe uma extensão feliz. Mas o impulso utilitário levará, quase infalivelmente, longe demais. Todo pragmatismo, pelo simples fato de ser um pensamento mutilado, acaba exagerando. O homem não sabe limitar o útil. O útil por sua valorização, se capitaliza sem medida. Eis um exemplo em que a indução utilitária age de modo infeliz.

O autor exemplifica esse entrave através do Bacon, no qual afirmava que caso houvesse uma diminuição da transpiração desde criança poderia haver um prolongamento da vida, onde as vias da urina aumentariam. É uma ideia interligada às crisálidas de lagarta que “transpiram” e através disso mantém a vida latente para evoluir. Procura-se atribuir aos fenômenos uma utilidade própria, que o caracterizem.

Bachelard (1996, p. 117) assevera que “a necessidade de generalização extrema, às vezes por um único conceito, leva a idéias sintéticas que conservam o poder de seduzir.” Há uma necessidade que os fenômenos que ocorrem no meio ambiente estejam entrelaçados a vida das pessoas para a compreensão do saber científico. Outro ponto é a generalização de apenas um conceito, como a luz, para resumir uma ideia.

Por fim, de acordo com Bachelard (2008, p. 41):

Se pudesse ser desenvolvida amplamente, a história da fotoquímica- ou, de modo mais geral, a história das relações experimentais estabelecidas entre a luz e as substâncias químicas – seria muito mais instrutiva para o filósofo. Essa história mostraria a falência dos métodos de Bacon e o perigo permanente do pensamento substancialista. Revogaria inúmeros privilégios experimentais concedidos à intuição materialista. Ajudaria a melhor julgar a difícil elaboração das relações precisas e particulares a partir de uma experiência inicialmente vaga e geral.

A reflexão de Bachelard evidencia a importância de um rigor metodológico na construção do conhecimento científico, destacando os desafios impostos. No contexto do ensino de Química, essa perspectiva reforça a necessidade de superar explicações intuitivas e reducionistas, promovendo uma abordagem que privilegie a experimentação crítica e a análise das relações entre os fenômenos observados e suas fundamentações teóricas. Dessa forma, evita-se a cristalização de conceitos simplificados, permitindo uma compreensão mais aprofundada e dinâmica da ciência.

3.1.1.6 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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). Consoante Bachelard (1996, p. 259):

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.

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. Outro exemplo pode ser apontado no estudo de Odetti (2019, p. 165): “métodos de medida físicos ou matemáticos como a magnitude elétrica ou a física cartesiana, a geometria, a precisão numérica, a medição exata de um instrumento.”

Bachelard (1996, p. 261) assevera que: “Medir exatamente um objeto fugaz ou indeterminado, medir exatamente um objeto fixo e bem determinado com um instrumento grosseiro, são dois tipos de operações inúteis que a disciplina científica rejeita liminarmente.” É importante destacar que o autor não inabilita a aferição e que as medidas, seja o que for, não sejam precisas. O ideal conforme o novo espírito científico é pensar, entender e refletir com a ação de mensuração a ser realizada, buscando a criticidade (Faria; Recena, 2020). As medições, os cálculos, as análises de casas decimais não podem ser o único instrumento para se alcançar o saber científico, cujo objetivo vai além de números.

3.1.1.7 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 (entre os átomos), 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 (Atkins; Jones, 2011; Leal, 2009; Lopes; 2007; Silveira *et al.*, 2019; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Outro exemplo diz respeito a área da Física, no qual Lopes (1992, p. 256) aponta que “Fenômenos como o magnetismo e a eletricidade, estudados de maneira incipiente, eram essencialmente obstaculizados pelo animismo, pois seu caráter de atração e repulsão de corpos, a energia a eles associada, tendiam a ser explicados por algum princípio vital.” 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.

A caracterização do obstáculo animista diz respeito aos fenômenos da matéria, os quais constituirão obstáculos para a compreensão desses, principalmente nas relações analógicas dos fenômenos biológicos e físicos, onde se busca a inter-relação de questões vitais em questões inanimadas. Bachelard (1996) assevera que nesse obstáculo existe uma associação de características humanas com o fenômeno o que condiciona a um entrave na aprendizagem.

Atribuir vidas a corpos inanimados pode interferir no entendimento dos sujeitos acerca do assunto abordado em sala, pois foge do saber científico que prejudica o verdadeiro valor do pensamento científico (Faria; Recena, 2020). Um exemplo é atribuir a ferrugem como uma doença à qual o ferro está sujeito. A cura dar-se-á quando ocorrer a retirada da superfície acometida pela doença, no qual o uso de um ímã, por exemplo, volta a ter, em partes, sua funcionalidade de volta (Bachelard, 1996).

Na obra de Bachelard, dois capítulos ilustram com clareza esse obstáculo: “O mito da digestão” e “O libido e o conhecimento objetivo”. No primeiro, a aprendizagem é metaforicamente associada ao ato da alimentação, evidenciando a necessidade inconsciente de tornar o conhecimento algo concreto e tangível, em oposição ao pensamento abstrato. Conforme destaca o autor (1996, p. 209): “A digestão é uma função privilegiada, poema ou drama, fonte de êxtase e sacrifício. Torna-se, pois, para o inconsciente um tema explicativo cuja valorização é imediata e sólida.” Esse excesso de analogias, no qual o alimento simboliza

a assimilação e a força intelectual, impõe um obstáculo à construção do espírito científico, uma vez que reforça a busca por representações materializadas em detrimento do desenvolvimento do pensamento conceitual e abstrato.

No segundo capítulo, estabelece uma relação entre o sujeito e o outro por meio da sedução vinculada à sexualidade. O autor (1996, p. 225) afirma: “O apetite é mais brutal, mas a libido é mais poderosa. O apetite é imediato; à libido, porém, correspondem os longos pensamentos, os projetos a longo prazo, a paciência.” Essa perspectiva evidencia uma inter-relação com o mito da digestão, na medida em que a libido se sobrepõe ao apetite, assumindo um papel estruturante na dinâmica do conhecimento. O instinto e o impulso libidinal englobam um encadeamento de vivências, intuições e conceitos, o que reflete a complexidade dos processos cognitivos e a influência dos desejos inconscientes na construção do saber.

Associa-se a relação do sujeito com o outro, analisa a sedução pela sexualidade. A libido consiste nessas relações no qual o objeto observado fica em segundo plano. Bachelard (1996, p. 234) pontua “É claro que a sexualidade normal é objeto de inúmeras referências nos livros de alquimia.” Ele usa exemplos de alquimia demonstrando mentalidade fantasiosa, cujos estudos estão relacionados a natureza e os objetivos do sexo masculino e feminino, metáforas repletas de pensamentos de cunho sexual. Para Bachelard (1996, p. 235): “[...] os metais vitríólicos são masculinos, os metais mercuriais, femininos.”

No universo das reações químicas, observa-se uma atribuição de características sexualizadas aos elementos, estabelecendo distinções entre ativos e passivos na diferenciação dos corpos. Minerais e metais, por exemplo, são frequentemente classificados segundo analogias de gênero, sendo designados como "machos" e "fêmeas". O mercúrio, por sua vez, foi inicialmente considerado estéril, enquanto se faziam alusões a relações incestuosas entre minerais e à pedra filosofal como um símbolo de androginia. Essas categorizações refletem dicotomias como puro e impuro, bem e mal, evidenciando uma perspectiva sintomática da ciência, na qual resquícios de visões simbólicas e metafísicas ainda permeiam o pensamento químico (Bachelard, 1996).

3.1.1.8 Obstáculo realista

Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025b) testificam que 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; Lemay; Bursten, 2005). Embora essas analogias ajudem na introdução de ideias, elas podem levar a um entendimento superficial e gerar o 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.

Tal fato ocorre como uma solução de forma a facilitar a compreensão, de tornar o conceito abstrato em conceito concreto, trata-se de uma descrição do real, e isso culmina no obstáculo realista (Lopes; 1992; Duit, 1999; Romanelli, 1996). Lopes (1992, p. 258) evidenciou no âmbito da Química o fato: “de não conceber a propriedade química como fruto da relação entre as partículas das substâncias, encarando-se assim que qualquer parte do todo possui propriedades idênticas ao próprio todo.” Qualquer parte de um todo pode estar nas suas mãos, o que não é bem assim.

Bachelard (1996, p. 163) assevera “que o realismo pode, com razão, ser considerado a única filosofia inata, o que não nos parece vantagem.” Isso limita a evolução do espírito científico, no qual os objetos concretos são mais eficazes no processo de ensino e aprendizagem, mais conclusivos que os aspectos abstratos, microscópicos no ensino da Química. Destarte, Lopes (2007) observa que o realismo ofusca a aplicação da razão devido à resistência à abstração, aplicando geralmente conforme mencionado metáforas para as explicações de saberes considerados abstratos, obstaculizando a elaboração, construção do saber científico, que não é produto pronto, mas sim um fruto de constante processo de elaboração.

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, Nagashima e Andrade (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.

3.2 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 OE, 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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

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 (Silveira; Nunes, 2024).

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, p. 67):

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.

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, p. 71), “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.”

Os estudantes possuem conhecimentos prévios sobre os temas científicos discutidos durante as aulas, como por exemplo na disciplina de Química, adquiridos em suas experiências cotidianas e também através do conhecimento popular (Leal; 2009; Passos; Vasconcelos, 2024; Moreira, 2021; Silveira; Vasconcelos; Sampaio, 2019). A ideia de obstáculos tem relação com as representações ou concepções prévias deles, há pensamentos e histórias de vida diferentes, entretanto não se trata disso, mas sim, que existe a necessidade de manter intactos os seus sistemas de pensamento (Bachelard, 1996).

Bachelard (1996) ressalta que o estudante chega à escola com uma bagagem de experiências adquiridas em seu cotidiano, ou seja, com saberes prévios já estabelecidos. Assim, a superação desses entraves requer uma análise dos erros iniciais, que são erros

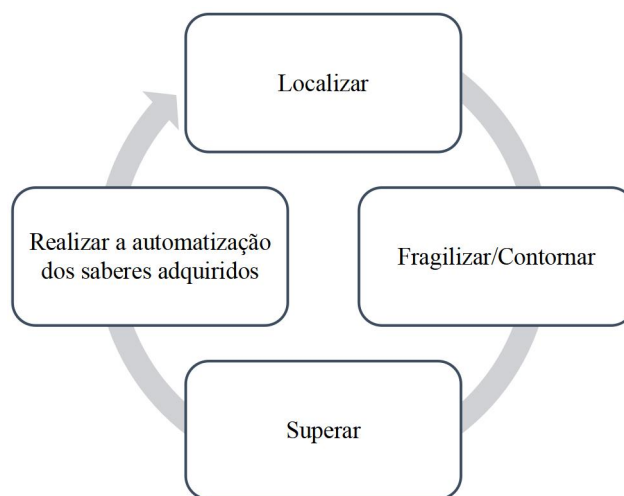
relacionados à epistemologia (crenças dos estudantes sobre determinadas ideias em estudo), bem como a formação de novas crenças durante o processo de aprendizagem científica. O autor argumenta que compreender a ciência demanda uma purificação intelectual e emocional, que envolve superar os obstáculos que têm origem no cotidiano.

Dessa forma, ele destaca que a cultura científica deve iniciar por uma purificação intelectual e emocional. Portanto, a análise de cada desafio possibilita uma visão mais abrangente da progressão do pensamento científico contemporâneo, caracterizado pela sua superação. A produção de conhecimento científico não se baseia apenas em observações empíricas e sem critérios, pois a linguagem, vista como habilidade de expressão, é repleta de metáforas e comparações.

Bachelard (1996) enfatiza que não há verdade sem a correção dos erros e que a retificação destes é essencial para o progresso do conhecimento científico, marcado por rupturas epistemológicas que desafiam as concepções previamente estabelecidas. O autor distingue o conhecimento sensorial, subjetivo e limitado, do conhecimento científico, caracterizado pela objetividade e estabilidade. Nesse sentido, ele defende que o erro não deve ser simplesmente eliminado, mas compreendido e analisado, pois, desempenha um papel fundamental na construção do saber. Assim, a objetivação do conhecimento exige uma abordagem que reconheça o erro como um elemento inerente ao processo de aprendizagem, contrapondo-se à visão tradicional que o tratava meramente como um equívoco.

Segundo Jean-Pierre Astolfi (1994), renomado pedagogo francês, a superação dos OE no ensino requer uma abordagem pedagógica que transcenda a mera transmissão de conteúdos. Nesse sentido, sua obra constitui um referencial essencial para ajudar a fundamentar estratégias didáticas voltadas à mitigação desses obstáculos no contexto escolar. O pedagogo propõe um conjunto de estratégias que possibilitem uma aprendizagem mais reflexiva e significativa. A Figura 3, apresentada a seguir, ilustra essa proposta, que servirá de base para a elaboração e implementação da SD.

Figura 3. Fluxograma para a superação do obstáculo



Fonte: Elaboração própria (2024).

As etapas propostas podem ser usadas em ordens distintas perante o obstáculo verificado. Para a localização é importante incitar discussões sobre o tema proposto para que haja uma tomada de consciência sobre suas representações implícitas, os saberes prévios. Essa localização, conforme discutida, ocorre a partir dos erros conceituais dos estudantes sobre o conteúdo, de suas ideias e das discussões que emergem no processo, permitindo uma análise mais aprofundada das dificuldades e concepções enraizadas (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

A localização já configura um avanço em prol do conhecimento científico, no qual conforme Astolfi (1994, p. 212):

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.

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. Em relação à fissuração, Astolfi e Develay (1995) apontam que é produzida quando existe uma desestabilização conceitual no indivíduo promovida pelo conflito sociocognitivo.

É fundamental elaborar atividades educacionais contextualizadas, conforme preconizam a BNCC e a LDB, que promovam um ensino dinâmico, interdisciplinar e significativo. Essas atividades devem não apenas confrontar e problematizar os equívocos conceituais dos estudantes, mas também estimular a reflexão crítica e a revisão de seus conhecimentos prévios, favorecendo a construção de novos saberes de maneira articulada.

Assim, o aprendizado não ocorre de forma fragmentada, mas sim em um processo contínuo de ressignificação do conhecimento, respeitando o desenvolvimento cognitivo e sua bagagem cultural. Dessa forma, busca-se fomentar uma ASC, tornando o estudante protagonista de sua própria formação e promovendo sua autonomia intelectual (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a)

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; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Astolfi (1994) destaca a relevância de aprimorar as competências de pensamento crítico nos estudantes, permitindo que questionem, analisem e avaliem dados de maneira imparcial. As estratégias pedagógicas podem ser elaboradas para instigá-los a refletirem criticamente sobre os princípios científicos e as evidências que os sustentam.

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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). Essa automatização, conforme discutida por Astolfi (1994), é uma consequência natural da superação, na medida em que o conhecimento, antes fragmentado e instável, se consolida em esquemas cognitivos mais estáveis e operacionais. Isso significa que os estudantes deixam de depender de reflexões prolongadas para mobilizar determinados conceitos, passando a utilizá-los com fluidez e segurança em contextos variados.

O autor defende que a automatização dos conhecimentos adquiridos é uma etapa crucial no desenvolvimento da aprendizagem, pois possibilita que os estudantes apliquem de forma eficaz suas habilidades em contextos práticos do dia a dia, sem ter que refletir conscientemente a cada passo ou escolha. Com isso, são liberados recursos mentais para atividades mais elaboradas e para a solução de novos desafios e problemas. Reforça-se a

presença do pesquisador para guiar esse processo de discussão e análise dos conceitos dos estudantes utilizados para resolução do problema.

No processo de familiarização com a resolução de problemas em Química, por exemplo, é natural que, inicialmente, os estudantes necessitem refletir sobre cada etapa do procedimento. No entanto, com a prática contínua e a internalização das estratégias de resolução, essas habilidades tendem a ser automatizadas, permitindo que os estudantes solucionem questões de maneira mais eficiente e com menor esforço cognitivo consciente (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a). Nesse contexto, ressalta-se a relevância da diversificação das atividades para favorecer a aprendizagem, em consonância com os princípios da TASC.

Resumindo, a automatização do modelo leva em conta as etapas: a localização do obstáculo em prol de que o estudante tenha consciência sobre o mesmo e, depois, a fissuração que é produzida quando existe uma desestabilização conceitual no indivíduo. Nesta etapa, atua, principalmente, o conflito sociocognitivo. A última etapa consiste na superação ligada a automatização dos saberes (Astolfi; Develay, 1995).

O professor também deve trabalhar a reflexão do seu planejamento, da sua execução, levando a análises críticas sobre o conteúdo abordado em sala em face a reflexão crítica sobre o que os livros didáticos propõe buscando um melhor caminho para a construção do saber e, além disso, ter em vista que os OE poderão surgir. Cabe a ele essa atenção e, posteriormente, a visão de minimizá-los ou superá-los.

A formação dos professores está em constante evolução, caracterizada por um movimento complexo entre experiência e racionalidade, essencial não só para o desenvolvimento do conhecimento científico, mas também para a construção de uma expertise profissional que assegura a independência do indivíduo (Pimenta; Anastasiou, 2014). Francisco, Silva e Wartha (2022) asseveram a importância do crescimento profissional e emocional do professor dentro da sua formação inicial e continuada haja vista a tomada de consciência dos seus próprios conhecimentos, promovendo a reflexão e o amadurecimento de ideias.

Ao considerar os OE como uma preocupação dentro do planejamento do professor, independente da turma, retoma-se ao fato da necessidade de sondar os saberes prévios dos sujeitos sobre o tema em questão, conforme preconizado pela TASC (Moreira, 2010a). Detectando inicialmente possíveis OE que tangem a desvios do pensamento científico, sem minorá-los tampouco supervaloriza-los, para fomentar suas ações, estratégias didáticas, que culminem na superação desses entraves como parte dos seus objetivos pedagógicos,

denominando essa relação de objetivo-obstáculo (Astolfi; Develay, 1995; Astolfi, 1999; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

A reflexão é fundamental para saber os conceitos que devem ser mantidos e alterados. Para isso a ação da escolha das maneiras de agir para superar o obstáculo deve estar interligada a autoconsciência e na adesão ao aderir ser professor, já que implica a ter princípios, valores, adotar posturas que visam ao crescimento profissional e pessoal do futuro profissional na área da Química. Ele precisa manter-se sempre atualizado, revisando constantemente os aspectos sociais de sua profissão e questionando as tradições que, apesar de culturalmente estabelecidas, podem impedir inovações (Pimenta; Anastasiou, 2014; Francisco; Silva; Wartha, 2022).

Para superar um obstáculo conforme mencionado é necessário uma desestabilização seja através de discussões, conflitos sociocognitivos. A ativação desses conflitos na sala assim como situações-problemas são essenciais, no qual o professor não irá impor informações científicas alternativas, mas sim constituir dispositivos de aprendizagem adaptados.

À vista disso, Astolfi e Develay (1995, p. 67) ponderam que: “Construir um dispositivo (ou vários), coerente com o objetivo, assim como procedimento de remediação em caso de dificuldade.” Para isso é importante o objetivo-obstáculo, no qual para caracterizá-lo se deve resgatar os obstáculos na aprendizagem, atentando para as representações que fazem parte. O professor deve se fazer “epistemológico da inteligência do aluno”, se adapte ao mesmo levando em conta, caso seja necessário, a história pessoal do estudante; o professor irá confrontá-lo, o desestabilizará, fazer com que não permaneça na zona de conforto, supere o objetivo-obstáculo.

Dessa forma, no âmbito educacional, torna-se imprescindível que o professor adote uma postura investigativa e reflexiva, questionando constantemente sua prática e analisando criticamente sua evolução profissional. Esse processo contínuo de autoavaliação favorece a construção de estratégias didáticas mais eficazes, alinhadas às necessidades dos alunos e aos pressupostos da BNCC e da LDB, promovendo, assim, um ensino mais dinâmico e significativo.

3.3 Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica associada à experimentação

Considerar os conhecimentos prévios dos estudantes no ambiente escolar é essencial para que se sintam valorizados. A TAS, desenvolvida por David Paul Ausubel (1918-2008), destaca que o conhecimento prévio é o principal elemento para promover o processo de

ensino e aprendizagem (Moreira, 2021; Silveira; Vasconcelos; Sampaio, 2019; Silveira; Vasconcelos, 2023).

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), o conhecimento prévio impacta e potencializa a aprendizagem, servindo como ponto de partida para que o professor oriente e promova atividades em sala de aula, sendo uma ferramenta importante para o planejamento educacional. Retoma-se ao fato que a BNCC visa a uma aprendizagem considerada eficaz cuja uma das ações para esse alcance é justamente a contextualização do conhecimento, logo há uma superação da simples exemplificação de conceitos (Brasil, 2018).

De acordo com essa teoria construtivista, a aprendizagem ocorre quando novas informações são assimiladas e integradas a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do estudante. Para que essa integração seja efetiva, é necessário que existam conceitos relevantes e abrangentes que sirvam como subsunçores, permitindo a conexão com novas ideias e conceitos (Moreira, 2011; Mossi; Júnior, 2022).

Dessa forma, a Aprendizagem Significativa (AS) se concretiza quando as novas informações se relacionam com a estrutura de conhecimento específico, denominado subsunçor, na qual os conceitos previamente aprendidos estão armazenados. Segundo Masini (2011, p. 17), essa teoria considera a educação sob várias perspectivas:

[...] relação do homem com o mundo que o cerca; relação de quem ensina com aquele que aprende; relação do compreender de quem ensina com o compreender de quem aprende; relação do conteúdo a ser ensinado com o que aquele que aprende já conhece; relação do que se propõe ensinar com as condições de quem vai aprender – seus interesses, nível de elaboração, representações e conceitos disponíveis nessa programação de ensino.

As relações mencionadas acima dentro do contexto escolar se dão, respectivamente, entre o estudante e a comunidade, entre o professor e o estudante, no qual o primeiro é o grande mediador nesse processo, entre o conhecimento prévio e o subsunçor existente na estrutura cognitiva do aprendiz, no qual é um dos fatores primordiais para que ocorra a AS, entre a potencialidade do conteúdo e o subsunçor específico haja vista o uso de um material potencialmente significativo, e, por fim, o contrato didático que deve existir dentro do ensino.

Conforme Masini (2021), é fundamental entender que o processo de aprendizagem acontece levando em consideração as características únicas inerentes aos indivíduos, tais como a singularidade de cada um e a inclinação para compreender, que está relacionada à interação entre o aprendiz e o objeto do conhecimento, bem como à interação entre o

professor e o estudante dentro de um contexto sociocultural específico. Desse modo, o sujeito do conhecimento atribui significados, considerando a capacidade de compreensão e reflexão.

No trabalho de Costa (2020) e Chirone, Moreira e Sahelices (2021), por exemplo, asseveram que Marco Antonio Moreira, maior representante nesse estudo aqui no Brasil, incluiu o aspecto da criticidade, numa abordagem mais contemporânea, significando que é imprescindível a preocupação dos professores no olhar crítico e reflexivo a ser instigado nos estudantes. Através dos estudos do autor, baseados no último capítulo do livro "Ensinar como uma atividade subversiva" de Postman e Weingartner, acrescentou a palavra crítica na teoria, culminando na TASC, para fomentar e corroborar no âmbito escolar, trazendo novas discussões e reflexões (Moreira, 2010a).

A TASC também enfatiza o conhecimento prévio como fator determinante no processo de ensino e aprendizagem, sendo uma variável primordial para a modificação e aquisição de novos significados (Moreira, 2010a). Essa teoria reconhece o estudante como um sujeito que aprende e que é capaz de questionar novas informações, entendendo suas intenções e construindo um saber crítico (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

Moreira (2010a) argumenta que, por meio da ASC, o sujeito se integra à sua cultura sem ser dominado por ela, lidando positivamente com as mudanças e manejando a informação de forma eficaz, sem se tornar um tecnófilo. Gulis (2022, p. 5) complementa que “a aprendizagem significativa crítica é relevante por viabilizar ao indivíduo fazer parte substantiva da sua cultura (na medida em que compreende seus conceitos) sem ser subjugado por ela (tornando-se capaz de se contrapor criticamente a esses conceitos).”

Esta definição oferece uma caracterização precisa da TASC, enfatizando a capacidade de distanciamento crítico sem alienação cultural. A metáfora de “estar fora” da cultura enquanto “faz parte” dela sugere uma postura reflexiva sofisticada. A perspectiva antropológica indica a necessidade de compreender as práticas culturais em seu contexto mais amplo. A capacidade de reconhecer quando a realidade está se afastando sugere um papel de vigilância crítica.

Sob essa perspectiva, a ASC permite que o indivíduo se integre à sua cultura, mas também se posicione de forma crítica em relação a ela, identificando quando a realidade diverge e impede parte do grupo social de compreender e assimilar diferentes visões de mundo (Moreira, 2010a). Esse tipo de aprendizagem lida com a incerteza, a relatividade, e a probabilidade, evitando dicotomias e reconhecendo que o conhecimento é uma construção humana que representa o mundo, sem capturá-lo diretamente (Nascimento, 2022).

Ressalta-se que a TASC se opõe à educação bancária, onde a consciência crítica é anulada e o poder criador dos estudantes é suprimido. O ensino deve se relacionar com os conhecimentos anteriores com os novos, proporcionando uma aprendizagem significativa e crítica. Assim, a ASC ocorre quando as práticas pedagógicas favorecem a mudança conceitual na estrutura cognitiva do estudante, por meio da interação entre os saberes prévios e as novas informações (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

Assim como os fundamentos programáticos de Ausubel que visam auxiliar a aprendizagem com significado, será pontuado algumas diretrizes, conceitos ou abordagens que podem facilitar essa ASC, baseando-se nas ideias de Postman e Weingartner. Portanto, há 11 princípios programáticos elaborados por Moreira (2010a), conforme o Quadro 1, facilitadores da aprendizagem relacionados a teoria, porém de forma menos extrema e mais possível de ser realizada. Todas as sugestões a seguir são viáveis de serem aplicadas e, ao mesmo tempo, trazem críticas às práticas educacionais tradicionais.

Quadro 1. Princípios programáticos facilitadores da TASC

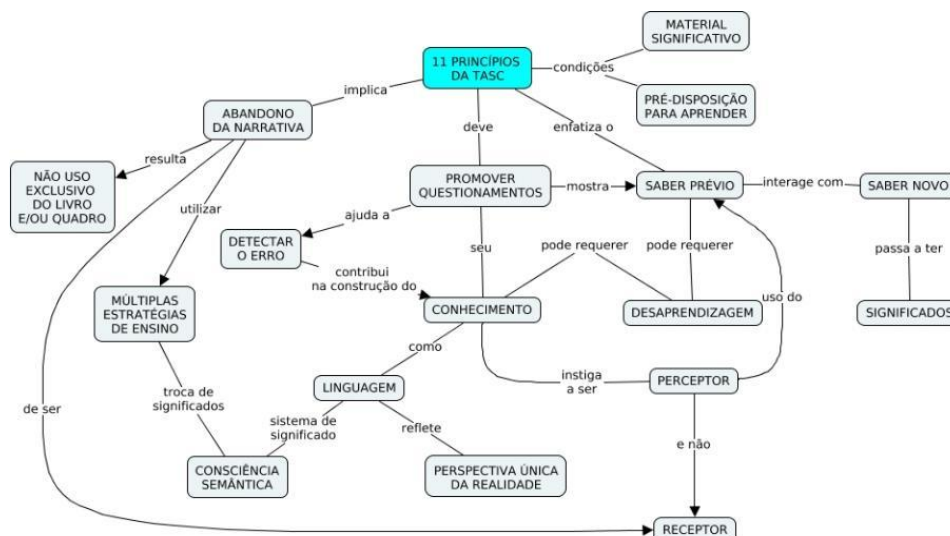
Princípios da TASC	Conceito geral
1. Conhecimento prévio	Os saberes prévios hierarquicamente organizados são a principal variável a instigar a ASC.
2. Interação social e Questionamento	O professor e o estudante compartilham significados, há troca de questionamentos ao invés de respostas.
3. Descentralização do livro didático	Não focar exclusivamente no livro, buscar outros recursos complementares.
4. Aprendiz como perceptor/representante	O estudante percebe o mundo e o representa, haja vista as percepções anteriores que possui, logo não é um mero receptor.
5. Conhecimento como linguagem	A chave para compreender um determinado conhecimento está em entender a linguagem associada a ele. Cada área tem sua peculiaridade.
6. Consciência semântica	O significado reside nas pessoas, não nas palavras, depende do contexto que está inserido. Alguns significados surgem a partir de experiências, portanto podem mudar.
7. Aprendizagem pelo erro	O erro faz parte do processo e não deve ser desconsiderado, mas somado à intervenção pedagógica para que o saber se construa através da superação desse erro.
8. Desaprendizagem	Quando o aprendizado anterior nos limita a compreender os conceitos do novo saber, enfrenta-se uma situação que requer a realização de um processo de desaprendizado.
9. Incerteza do conhecimento	O conceito de incerteza na compreensão nos alerta para o fato de que nossa percepção do mundo é principalmente moldada pelas definições que estabelecemos, pelas perguntas que fazemos e pelas metáforas que empregamos.
10. Não utilização do quadro de giz	Não se limitar apenas ao quadro de giz ou quadro branco, é importante aliar a outras estratégias.
11. Abandono da narrativa	O professor precisa promover discussões em sala para que todos participem, fugir da narrativa que apenas o professor fale.

Fonte: Adaptado de Moreira (2010a).

Os princípios da TASC são interligados, pois, em conjunto, promovem uma visão integrada da educação, na qual os estudantes são incentivados a atribuir sentido, questionar criticamente, aplicar conceitos em situações significativas e interagir com outros para ampliar sua compreensão. Essa abordagem não apenas facilita a aprendizagem dos conteúdos, mas também estimula o pensamento crítico, a inovação e a capacidade de resolver desafios de forma eficiente (Almeida *et al.*, 2021).

O MC apresentado a seguir, elaborado por meio do *software* gratuito *Cmap Cloud* (Figura 4), incorpora os princípios de forma sucinta que serão discutidos nos resultados da pesquisa.

Figura 4. 11 princípios facilitadores da TASC



Fonte: Elaboração própria (2025).

O estudante precisa desenvolver habilidades de interpretação, negociação de saberes, aprender a ser crítico e a aceitar também críticas (Silveira; Vasconcelos, 2022). A BNCC enfatiza essas características, no qual os sujeitos são responsáveis por seu próprio processo de aprendizagem, que reconhece a importância de trazer o conhecimento em sala atrelado ao dia a dia e de analisá-lo de forma reflexiva. Moreira (2010b, p. 4) explica que “deixar os alunos falarem implica usar estratégias nas quais possam discutir, negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas.”

Dentro desse cenário, é fundamental promover a experimentação relacionada a TASC, estimulando a participação ativa dos envolvidos, que não devem apenas observar, mas também contribuir ativamente com o desenvolvimento das atividades. Promover a participação ativa dos indivíduos, incentivando-os a não apenas observarem, mas também a atuarem como protagonistas da atividade, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades cognitivas no ambiente do laboratório. Esse tipo de metodologia pode trazer benefícios para as aulas, desde que bem planejadas, que explorem o dia a dia e que sejam de cunho investigativo (Blasques; Silveira; Cedran, 2023; Filgueiras; Passos; Vasconcelos, 2025).

O modelo pedagógico por investigação-estruturação, por exemplo, visa auxiliar os sujeitos cognoscentes de se apropriarem do saber através de determinadas pesquisas, investigação e, posteriormente, estruturar as investigações. Eles possuem conhecimentos prévios, ideias sobre a sociedade, sobre o mundo, e isso é considerado a representação do

estudante. A intenção é instigar conflitos sociocognitivos que possam conduzir a ação pedagógica em si. Os diálogos entre os estudantes, a capacidade de surpreender, investigar, remodelar enunciados anteriores, dentre outros aspectos fazem parte desse tipo de modelo (Astolfi; Develay, 1995).

Nascimento (2022) no seu estudo fez uso da experimentação atrelada à TASC, de forma problematizadora em prol do desenvolvimento de habilidades cognitivas, cuja temática foi os princípios da Termoquímica. Essa inter-relação promoveu uma ASC, nos estudantes da 2º série do ensino médio, haja vista engendrar a autonomia deles visando à contextualização pois conseguiram reconhecer e aplicar princípios termoquímicos na resolução dos exercícios.

Souza (2021) atesta que são módicos os estudos que instiguem a dinamicidade em sala de aula e, à vista disso, relevem os subsunçores dos sujeitos. Ressalta que os professores façam o seguinte questionamento: “Qual(is) teoria(s) orienta(m) a sua prática?” cujo intuito é promover uma reflexão epistemológica sobre seu fazer pedagógico, na busca da suplantação de práticas tradicionais reverberadas no âmbito escolar. Um dos pontos é a importância da experimentação, trazendo a desconstrução de que é um ambiente tácito.

Suplementarmente, Barberá e Valdés (1996) asseveram que o aprender a fazer ciências deveria ser valorizado no Ensino Superior durante o trabalho a ser realizado no laboratório já que o objetivo é a formação de pessoas com capacidade investigativa. Giordan (1999) avulta a importância dessa atividade no ensino, que não seja apenas um complemento a teoria, mas sim uma parte integrante da associação ao que foi visto, visando tanto aos aspectos microscópicos como macroscópicos na construção do saber, sendo essencial no currículo.

Freire (1996) acredita que o docente deve ser um inventor, ousado, curioso, persistente, flexível, aceitar o novo, mudar e promover mudanças. Precisa, sobretudo, ser um bom pesquisador. O professor deve refletir acerca da sua ação, verificando se o estudante entendeu o assunto, fazendo com que haja discussões acerca da atividade proposta.

Por fim, com base nas discussões apresentadas, a temática selecionada está vinculada às Mudanças Climáticas, com ênfase na Chuva Ácida. O tema será abordado tanto sob a perspectiva química quanto ambiental, sendo esta última direcionada à sensibilização sobre os desafios contemporâneos relacionados a esse fenômeno.

3.4 Relação da chuva ácida com a classe dos compostos inorgânicos

Segundo House (2008, p. 289): “*An early attempt to provide a framework to observations on the chemistry of substances that react in water to produce acids or bases was*

provided by S. A. Arrhenius.” Naquele período, meados do século XIX, essa abordagem estava restrita às soluções aquosas, e as definições de ácido e base foram formuladas com base nesse contexto. Atualmente, sabemos que o comportamento dessas substâncias não se restringe apenas a esses casos, mas se aplica de forma muito mais abrangente. Conforme Russel (1984, p. 138) a palavra hidrólise advém de Arrhenius, na qual essa “palavra significa quebra pela água. A hidrólise é uma reação entre um ânion ou um cátion e água, com fornecimento de íons OH^- ou H^+ para a solução.”

Ao investigar as propriedades das soluções de substâncias como o ácido clorídrico (HCl) e o ácido nítrico (HNO_3), Arrhenius concluiu que as propriedades ácidas desses compostos resultavam da presença de um íon que, atualmente, é representado como H_3O^+ na solução. Assim, ele propôs que um ácido é uma substância cuja solução aquosa contém esse íon. As propriedades das soluções aquosas de ácidos correspondem, na realidade, às propriedades do íon H_3O^+ , denominado de íon hidrônio ou oxônio. Atualmente, o íon hidrônio, é comumente usado como uma abreviação de $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ (Brown; Lemay; Bursten, 2005; House, 2008; Miessler *et al.*, 2014).

Em relação às bases, também conhecidas como alcalinas, liberam íons hidróxido (OH^-) em solução. Segundo House (2008, p. 290): “Substances such as NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_3 , and amines are all bases because their water solutions contain OH^- . The compounds dissolve in water to give solutions that conduct an electric current, change the colors of indicators, and neutralize acids.” Destaca-se que o conceito de Arrhenius é aplicável em soluções aquosas, porém não abrange as diversas reações que ocorrem em outros solventes inorgânicos, orgânicos, na fase gasosa ou no estado sólido (Miessler *et al.*, 2014).

No âmbito da classe dos compostos inorgânicos, os óxidos também ocupam uma posição de destaque. Nesse sentido, Brown, Lemay e Bursten (2005, p. 821) afirmam:

a eletronegatividade do oxigênio é menor apenas que a do flúor. Como resultado, o oxigênio exibe estados de oxidação negativos em todos os compostos exceto naqueles com flúor, OF_2 e O_2F_2 . O estado de oxidação -2 é de longe o mais comum. Os compostos nesse estado de oxidação são chamados óxidos.

A definição clássica foi dada por Antoine Lavoisier no século XVIII, que estabeleceu a ideia de óxidos como substâncias formadas pela união de oxigênio com metais ou não metais. Esses compostos são essenciais na Química, pois são frequentemente intermediários em reações de combustão e podem formar ácidos ou bases, dependendo do elemento com o qual se combinam. Segundo Lux-Flood, óxidos estão diretamente relacionados com ácidos e

bases, com a transferência do íon óxido (O^{2-}) entre os compostos (Miessler *et al.*, 2014). Compreender essas reações é essencial para entender fenômenos como a chuva ácida, em que óxidos reagem com a água atmosférica, formando ácidos que prejudicam o meio ambiente.

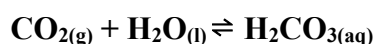
Esses estudos não se limitam apenas ao laboratório, mas se refletem diretamente em muitos fenômenos naturais e industriais. Diversos processos que ocorrem no dia a dia, como as reações no nosso corpo e na natureza, a fabricação de remédios e as mudanças climáticas (como a chuva ácida) estão relacionados a essa área (Spiro; Stigliani, 2008). Segundo Atkins e Jones (2002, p. 550) “um exemplo do impacto humano sobre o meio ambiente é o efeito da chuva ácida sobre a biodiversidade, a diversidade das coisas vivas.”

De acordo com Medeiros (2005) e Nascentes e Costa (2011) a expressão “chuva ácida” foi dada pelo químico inglês climatologista Robert Angus Smith no século XVIII, descrevendo a poluição mencionada em Manchester, no qual publicou o livro *Rain Acid*. A nível global, entretanto, a conscientização sobre o problema começou a surgir a partir da década de 1950, quando vários ecossistemas (principalmente lagos e florestas) já se encontravam em sério risco. A demora em perceber isso se deve ao fato de que os ambientes naturais levam um longo tempo para reagir a agressões como a acidificação. Tanto a água quanto o solo têm a capacidade de neutralizar a adição de ácidos e de bases, e somente após essa capacidade estar esgotada é que esses ambientes sofre mudanças significativas.

A chuva ácida com sua predominância em grandes centros industriais pode alterar substancialmente os ecossistemas, atingindo tanto os seres vivos quanto edifícios e monumentos. Frota e Vasconcelos (2019, p.11) explicam o seguinte:

A ocorrência de chuvas ácidas não é uma característica da era contemporânea, tendo sido constatada em 1872 no noroeste da Inglaterra, em Manchester, onde foi detectada no ar a presença de ácido sulfúrico formado em reações com compostos de enxofre provenientes da queima de carvão mineral em fornalhas industriais e sistemas de aquecimento doméstico. As análises de gelo da Groenlândia em amostras datadas do ano 1900 revelaram a presença de sulfatos e nitratos, fato que comprova que esse tipo de poluição não é atual e que os poluentes podem depositar-se em locais muito distantes das fontes onde foram produzidos.

Destaca-se que a água da chuva não é totalmente pura, pois sempre carrega componentes da atmosfera, o próprio gás dióxido de carbono (CO_2), também conhecido como gás carbônico que ao se dissolver na água acaba formando o ácido carbônico (H_2CO_3), no qual a torna um pouco ácida com um potencial hidrogeniônico (pH) igual a 5,6. A reação gerada por essa hidrólise (quebra da molécula pela água) do gás é a seguinte:



O ácido formado é fraco, o que não compete à água uma diminuição brusca do pH. Esse serve para medir o grau de acidez, basicidade e neutralidade de determinadas substâncias. Consoante Pires e Cruz (2011) asseveram que uma parte do gás carbônico existente no meio ambiente é proveniente da decomposição de moléculas orgânicas dos seres vivos.

Ademais, de forma geral, define-se como chuva ácida a precipitação contendo substâncias cujo pH seja inferior a 5,6. Ressalta-se que devido, provavelmente, a espécies ácidas emitidas pela vegetação em certas regiões tropicais não poluídas têm sido constatada chuvas com pH entre 4 a 5. Salienta-se, por exemplo, que já foram evidenciadas chuvas com pH entre 4,3 a 5,3 em Niterói e Rio de Janeiro (Frota; Vasconcelos, 2019; Pires; Cruz, 2011).

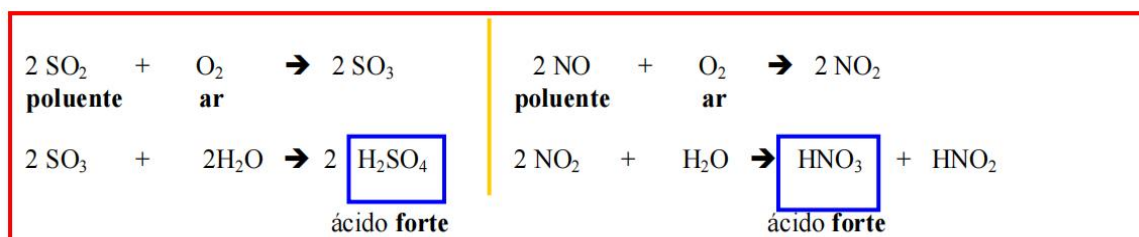
Diferentemente do CO₂, os óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃) e óxidos de nitrogênio (N₂O, NO e NO₂) presentes na atmosfera formam ácidos fortes ao reagirem com a água, aumentando a acidez. A causa dessa problemática é a poluição da atmosfera, advinda principalmente da queima de combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo. Os dois subprodutos dessa queima são justamente os óxidos mencionados (Medeiros, 2005). Complementarmente, Frota e Vasconcelos (2019, p. 122) pontuam: “Em 1896, Svante Arrhenius previu que a queima de combustíveis fósseis provocaria aumento do teor de CO₂ na atmosfera e, conseqüentemente, aumento da temperatura terrestre.”

Cardoso, Sllingardi e Cardoso (2020) pontuam que os gases SO₂, CO₂ e NO₂ possuem propriedades ácidas acentuadas o que colabora para aumentar a solubilidade em água, ocasionando a formação dos ácidos que diminuem o pH. Os principais poluentes, comuns em regiões altamente industrializadas, incluem os óxidos de enxofre e nitrogênio, que, ao se combinarem com a água, resultam nos ácidos sulfúrico (H₂SO₄) e nítrico (HNO₃), respectivamente (Frota; Vasconcelos, 2019).

Em locais com alta temperatura, como no interior de motores de veículos, ocorre uma reação entre o oxigênio e o nitrogênio do ar, resultando na formação de óxidos de nitrogênio. Dentro desse ambiente aquecido, o monóxido de nitrogênio (NO) é produzido. Esse composto se combina rapidamente com o oxigênio presente no ar, originando o dióxido de nitrogênio (NO₂), que apresenta uma grande afinidade com a água e se converte em HNO₃ ao entrar em contato com ela. Esse ácido, classificado como forte, é extremamente prejudicial ao meio ambiente (Brown; Lemay; Bursten, 2005; Miessler *et al.*, 2014).

No geral, as reações químicas que ocorrem formando os ácidos que diminuem bruscamente o pH da água são as seguintes conforme a Figura 5.

Figura 5. Representação das reações da Chuva Ácida

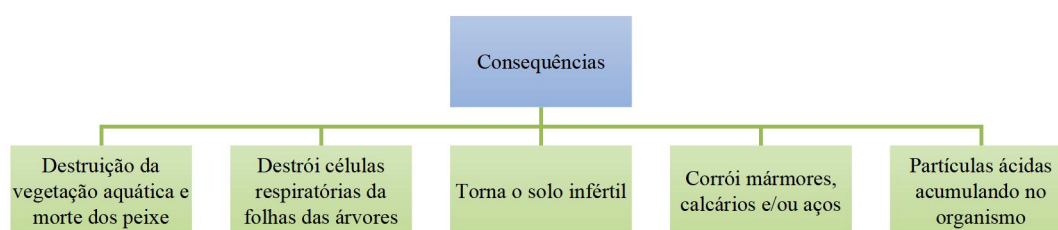


Font

e: Medeiros (2005, p. 47).

Diante dessa problemática ambiental, há várias consequências proporcionadas conforme a Figura 6:

Figura 6. Consequências da Chuva Ácida



Fonte: Elaboração própria (2024).

Frota e Vasconcelos (2019, p. 120) apontam que “alguns estudiosos acreditam na possibilidade de distúrbios mentais resultantes da presença de elevadas concentrações de alumínio e de outros metais na água potável, além de problemas respiratórios e cardíacos associados a aerossóis atmosféricos.” Adicionalmente, Roussel (1984, p. 138) pontua que o H_2SO_4 , por exemplo, “em gotas de uma solução aquosa (chuva ácida) destrói desde o pulmão até a rocha calcária.”

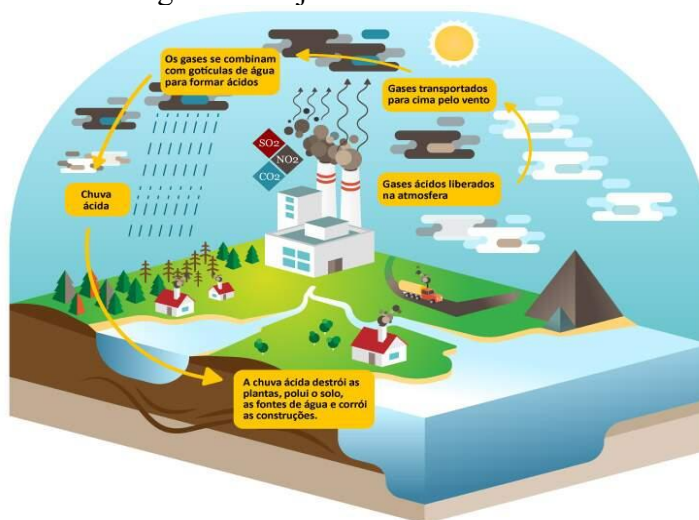
Os locais mais distantes das cidades, como zonas rurais, não escapam das consequências oriundas desse processo devido ao fato das partículas ácidas percorrerem grandes distâncias devido as correntes de ar, caindo como chuva ácida quando seu conteúdo ácido precipita. Uma vez que o ar é composto por gás nitrogênio (N_2) e gás oxigênio (O_2), durante tempestades, a chuva ácida pode se deslocar por longas distâncias e atingir áreas que não possuem fontes de poluição responsáveis pelo fenômeno (Spiro; Stigliani, 2008).

Isso acontece de forma local, já que a composição da chuva varia de acordo com os poluentes emitidos naquela região específica. Por vezes, nuvens poluídas se movem e irrigam

áreas distantes com sua água ácida. Substâncias como sulfatos e nitratos têm a capacidade de se acumular diretamente na atmosfera por água da chuva, sendo levados para rios e mares. Com a condensação (mudança de estado físico do gasoso para o líquido) causada pela umidade do ar, transformando-se em uma solução ácida. Adicionalmente, Nascentes e Costa (2011, p. 120): “Além da chuva ácida, pode ocorrer também a deposição de partículas (precipitação seca) ou ainda a neve ácida.”

Esse fenômeno está intimamente ligado ao ciclo hidrológico, um processo natural que envolve a movimentação constante da água entre a superfície da Terra e a atmosfera. A evaporação (mudança de estado físico do líquido para o gasoso) da água de oceanos, lagos e rios transporta partículas e gases do ambiente, incluindo poluentes que favorecem a formação da chuva ácida. Ao se condensar em nuvens e, em seguida, cair como precipitação, a água pode trazer substâncias ácidas para várias áreas, impactando ecossistemas terrestres e aquáticos, mudando o pH do solo e prejudicando a biodiversidade da região (Brown; Lemay; Bursten, 2005). A Figura 7 apresenta a trajetória da chuva.

Figura 7. Trajetória da Chuva Ácida



Fonte: Educa Mais Brasil (2025).

Medeiros (2005) assevera que o processo denominado de calagem, por exemplo, consiste na incorporação de calcário moído que contém carbonato de cálcio (CaCO_3), um sal, e tem propriedades antiácidas, reduzindo a acidez quando utilizado em solos, rios ou lagos. Normalmente é utilizado para neutralizar a acidez dos lagos. Após a aplicação, plantas e animais podem voltar rapidamente ao ambiente aquático. Recomenda-se repetir esse processo

a cada dois a cinco anos. No geral, ações devem ser desenvolvidos para diminuir a causa principal das Mudanças Climáticas: a poluição.

Esse assunto será discutido sob a perspectiva química e ambiental, servindo como base para a introdução dos conteúdos relacionados aos ácidos, as bases e aos óxidos. Uma das alternativas para mitigar os impactos prejudiciais das Mudanças Climáticas, motivadas pelo Aquecimento Global, principal agente causador, é por meio da mudança do estilo de vida. Esse processo passa pela aquisição de conhecimento e uma das maneiras de alcançar isso é por meio de projetos dedicados a essa temática (Filgueiras; Silveira; Vasconcelos, 2023; Silva, 2019).

De acordo com Junges e Massoni (2018) e Silva (2019) uma estratégia em benefício do meio ambiente é a diminuição do consumismo demasiado levando em consideração que os recursos não são infindáveis. Esse tema tem ganhado destaque na educação e na mídia e isso condiciona a uma reflexão para que haja uma participação social que culmine na preservação do meio ambiente. É imprescindível salientar que se abre uma nova visão das discussões sobre essa temática na qual uma atividade de cunho investigativo será, a priori, voltada tanto ao processo de sensibilização em relação ao meio ambiente havendo o entrelaçamento do saber científico e isso faz parte da Educação Ambiental (EA).

A química da atmosfera está sendo alterada e a temperatura global está aumentando cada vez mais, no qual em 2030 deve atingir 1,5 °C, e que eventos climáticos serão destruidores. Destaca-se que a ação humana é a grande responsável por isso (Ipcc, 2021). Reigota (1994) afirma que a EA é um exercício para a cidadania que visa a conscientização das pessoas, de maneira individual e coletiva, em relação ao meio ambiente no que tange ao desrespeito, ou seja, sem preocupação com as consequências que estão por vir.

A teoria proposta por Arrhenius foi inovadora em seu tempo, oferecendo uma explicação clara e eficiente sobre o comportamento de ácidos e bases em soluções de água. Essa abordagem não só elucidou a essência das substâncias ácidas e alcalinas, mas também criou uma fundação para a formulação de teorias mais amplas, como as de Brønsted-Lowry e Lewis, que expandiram a definição de ácidos e bases para além das soluções aquosas, abrangendo novas potenciais reações em diferentes solventes.

A investigação sobre ácidos, bases e óxidos é crucial para a formação científica dos estudantes, haja vista a contextualização e a dinamicidade. Esses conceitos são fundamentais para entender fenômenos químicos do dia a dia, como a corrosão de materiais, a eficácia de medicamentos e a chuva ácida. Além disso, a compreensão desses conteúdos é vital para o desempenho escolar, pois costumam aparecer em vestibulares e no Exame Nacional do

Ensino Médio (ENEM), o que demanda dos estudantes habilidades para interpretar reações químicas e aplicar os princípios da química na resolução de questões práticas e teóricas.

4. DISCUSSÃO GERAL SOBRE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Conforme Araújo (2013), uma SD é um conjunto de atividades organizadas de forma sistêmica em função de núcleos temáticos e procedimentais. Tem o propósito de orientar o processo de ensino de forma progressiva, proporcionando aos estudantes uma série lógica de atividades e/ou desafios que orientam no alcance do aprendizado do conteúdo proposto. Tobón *et al.* (2010) complementam que consiste em uma série de atividades interligadas envolvendo perguntas, comportamentos, métodos e intervenções que os estudantes realizam com o auxílio do professor.

No Brasil, a expressão SD foi citada pela primeira vez nos registros oficiais dos Parâmetros Curriculares Nacionais, divulgados pelo Ministério da Educação, no qual a expressão é apresentada como "projetos" e "atividades em sequência" utilizadas na disciplina de Língua Portuguesa (Franco, 2018). Melo, Santos e Araújo (2021) pontuam que seu uso foi expandido, como por exemplo na área do ensino de Química para facilitar a apreensão do saber.

É uma ferramenta promissora para aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem no qual Zabala (1998) pondera que visa ultrapassar o instrucionismo e favorecer a autonomia dos estudantes. Filgueiras, Silveira e Vasconcelos (2023) afirmam que corrobora na construção das atividades, haja vista promover uma boa organização dos conteúdos a serem abordados. No planejamento, pode ser intercalado diversas estratégias e recursos didáticos nos quais os conteúdos devem ser coerentemente articulados.

Antoni Zabala, em sua obra, utiliza de maneira equivalente termos como "unidade de ensino", "plano de aula" ou "procedimentos pedagógicos" para descrever a série de tarefas planejadas visando alcançar metas educacionais específicas, ou seja, às sequências de atividades educacionais (Castellar, 2016).

Nessas atividades, os momentos de caráter pedagógico são de extrema importância para a estruturação da aprendizagem de maneira a estimular o aprendizado de forma significativa. Cada momento é cuidadosamente planejado para trabalhar um aspecto específico, como a introdução do assunto, a construção de novos saberes, a aplicação do conteúdo adquirido e a síntese sobre as atividades (Zabala, 1998).

No que se refere à aplicação do conteúdo de aprendizagem, o autor apresenta dimensões fundamentais: a factual, que abrange situações pontuais e dados específicos, a conceitual, que se relaciona ao conhecimento que deve ser adquirido; a procedimental, que diz respeito às habilidades a serem desenvolvidas; e a atitudinal, que envolve a forma como esse conhecimento deve ser aplicado na prática. Por fim, conforme exposto por Passos *et al.* (2023), a SD é compreendida como um conjunto estruturado de atividades interligadas, cujo propósito é favorecer a assimilação e a construção do conhecimento científico escolar.

O conhecimento de fatos, eventos, circunstâncias e informações específicas é entendido como conteúdo factual. Isso engloba a idade de um indivíduo, a conquista de um determinado território, a posição ou altitude de uma montanha, por exemplo. Sua característica singular e descritiva, ligada à concretude, é um elemento definidor. Em relação aos conteúdos conceituais, uma característica é que a busca por aprendizado raramente pode ser considerada como concluída, pois sempre há a possibilidade de aprofundar ou expandir o conhecimento existente. Eles referem-se ao conhecimento estruturado em torno de conceitos, princípios e classificações, permitindo a compreensão e a organização das informações (Zabala, 1998).

Em relação ao conteúdo procedimental, engloba as normas, as técnicas, os métodos, as habilidades, as estratégias, os procedimentos, constituindo um conjunto de atividades organizadas e com um propósito, ou seja, voltadas para a realização de um objetivo. Exemplos de conteúdos procedimentais são: ler, desenhar, observar, calcular, classificar, traduzir, recortar, entre outros. Nota-se que, embora compartilhem o fato de serem ações ou conjunto de ações, esses conteúdos são distintos o suficiente para que a aprendizagem de cada um deles apresente características específicas.

No que diz respeito aos conteúdos considerados atitudinais, Zabala (1998) menciona que o termo conteúdo atitudinal engloba uma série de conteúdos que, por sua vez, podemos agrupar em valores, atitudes e normas. Alguns valores são: solidariedade, respeito pelo próximo, responsabilidade, liberdade, entre outros. As atitudes são inclinações ou predisposições relativamente constantes para agir de uma certa forma. Assim, exemplos de atitudes incluem: cooperar com o grupo, ajudar os colegas, respeitar o meio ambiente, entre outros.

Conforme exposto por Passos, Vasconcelos e Silveira (2022), essas atividades devem atender a critérios específicos, uma vez que o ensino por investigação exige que o docente desenvolva estratégias que favoreçam a resolução de problemas. Para isso, é essencial que os estudantes sejam incentivados a interagir entre si, com os recursos disponíveis e com os

conhecimentos previamente estruturados, promovendo, assim, uma aprendizagem mais autônoma e reflexiva (Andrade; Zeidler, 2023; Santana *et al.*, 2024).

Ao elaborar o planejamento de suas aulas, o professor precisa ter em mente que a ação de planejar consiste em estabelecer um propósito e detalhar as etapas a serem seguidas para atingi-lo no contexto do planejamento de uma aula. Dessa forma, isso envolve a criação de uma sequência de métodos com a identificação de todos os materiais indispensáveis (Passos *et al.*, 2023).

Nesse sentido, a segmentação em fases/etapas se apresenta como uma estratégia eficiente para estruturar os conteúdos de forma organizada e progressiva. De acordo com Zabala (1998), essa divisão contribui para a sistematização do ensino, tornando-o mais eficaz e proporcionando um aprendizado mais significativo. Assim, ao planejar uma aula fundamentada em uma SD, o professor tem a oportunidade não apenas de aprofundar seus conhecimentos sobre o tema, mas também de refinar suas habilidades pedagógicas e desenvolver estratégias metodológicas que influenciam diretamente a qualidade do ensino (Passos; Vasconcelos; Silveira, 2022).

O trabalho de Silva (2019), por exemplo, usa uma SD bem estruturada, voltada ao assunto de taxa de desenvolvimento de uma reação e esse método ajudou na construção e organização do plano de aula. Isso auxiliou na prática docente e contribuiu positivamente na construção do saber científico dos estudantes. Mesquita (2023) também fez uso com o tema relacionado a Cinética Química pautada na TAS. Passos, Vasconcelos e Silveira (2022) também utilizaram materiais de baixo custo cuja temática são ácidos e bases para estudantes do Ensino Médio.

Consoante Mazarin (2021), as vivências dos aprendentes do dia a dia são de suma importância para o professor-pesquisador, pois embasará uma SD levando em consideração a mudança do saber cotidiano em conhecimento científico, além disso, as dúvidas surgentes poderão corroborar nesse processo perante a troca de informações pertinentes em conformidade com a literatura.

No trabalho de Pereira (2021), por exemplo, foi utilizada uma SD, cujo público-alvo foram estudantes do ensino médio, implementada por meio da experimentação virtual devido à pandemia. Contudo, o autor assevera que é possível realizar de forma presencial utilizando materiais de baixo custo. Os assuntos contemplados na sua pesquisa foram soluções, capilaridade e cromatografia.

Filgueiras, Silveira e Vasconcelos (2023) também propuseram o uso de uma SD cujo tema foi a solubilidade de compostos orgânicos. A atividade também foi associada ao uso da

experimentação, tendo como objetivo condicionar o protagonismo na construção do saber ao utilizar materiais do dia a dia com o intuito de contextualizar os aspectos químicos existentes.

No estudo realizado por Melo, Santos e Araújo (2021), realizou-se uma análise bibliográfica com o propósito de investigar a elaboração, aplicação e validação das sequências didáticas no Ensino de Química no Ensino Médio. O foco também foi compreender como essas sequências abordam a experimentação Química e contribuem para a integração entre teoria e prática. Os resultados mostraram que as sequências avaliadas proporcionaram aprendizado e despertaram o interesse dos estudantes. Quando os pesquisadores não utilizaram a experimentação, recorreram a atividades como a produção de vídeos e cartazes, a criação de blogs, discussões e leitura de conceitos químicos.

É importante que os estudantes explorem sua capacidade de compreender e analisar os diversos modelos e teorias a fim de alcançar os objetivos propostos, sendo incentivados a participarem ativamente do processo de aprendizagem. Assim como o conhecimento científico frequentemente se desenvolve pela consolidação ou substituição de teorias existentes, as atividades voltadas para a produção de conhecimento devem ser baseadas na compreensão, de modo a estimular a criação de novos conceitos caso as ideias pré-estabelecidas não sejam adequadas (Gonçalves; Goi, 2022; Hodson, 1994).

De acordo com Prsybyciem, Silveira e Sauer (2018) e Silveira, Vasconcelos e Sampaio (2019), a utilização de experimentos investigativos pode estimular a participação ativa dos estudantes na escola, desde que haja um ambiente propício para isso, sendo essencial desafiá-los e motivá-los a resolver problemas, além de promover a discussão e o trabalho em conjunto. Essa abordagem também auxilia na integração de conceitos antigos com os novos, favorecendo a ASC.

Lemke (2006) destaca a importância da realização de atividades laboratoriais de forma colaborativa, incentivando a formação de equipes e a colaboração entre os estudantes, estando interligado ao conteúdo atitudinal, que envolve a postura, a ética e o respeito. Segundo a BNCC (2018) uma das competências básicas da Educação Básica é valorizar a diversidade de saberes que permitam compreender as relações no mundo do trabalho e realizar escolhas dentro da cidadania e ao seu projeto de vida com responsabilidade, liberdade e autonomia. Ademais, atividades em equipe facilitam no compartilhamento de saberes, respeitando a cultura de todos os participantes.

Por fim, a pesquisa foi fundamentada na SD proposta por Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a), a qual estabelece uma abordagem estruturada para o ensino e está de acordo com os assuntos discutidos, visando promover a ASC por meio da experimentação e da

reflexão crítica. Essa metodologia permitirá a organização das atividades em etapas bem definidas, facilitando a construção do conhecimento e proporcionando ao professor um direcionamento para estimular a curiosidade e o pensamento crítico dos estudantes ao longo do processo educativo.

Segue a proposta que especifica, de forma geral, as atividades relacionadas ao tema chuva ácida, contemplando as quatro dimensões (factual, conceitual, procedimental e atitudinal):

Quadro 2. Dimensões aplicadas ao tema chuva ácida

Dimensão	Descrição	Atividade geral
Factual	Compreensão de informações gerais sobre a chuva ácida: causas e consequências.	Leitura do texto e quadrinhos.
Conceitual	Entendimento dos conceitos de ácidos, bases e óxidos, bem como das reações químicas envolvidas na chuva ácida.	Aula expositiva e dialogada.
Procedimental	Desenvolvimento de habilidades práticas através da realização de experimentos: virtual e presencial.	Experimento laboratorial e virtual (uso do PhET).
Atitudinal	Reflexão sobre a importância da conscientização ambiental e a adoção de práticas sustentáveis.	Construção em equipe de textos.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os conteúdos procedimentais e atitudinais estão estreitamente interligados, uma vez que, ao participarem de atividades em grupo, os estudantes não apenas aprimoram suas habilidades técnicas e cognitivas, mas também cultivam valores essenciais, como respeito, cooperação e comprometimento. Dessa forma, o ambiente educacional deve promover práticas que articulem esses elementos, possibilitando a compreensão da relevância das normas sociais e do trabalho colaborativo na construção do conhecimento.

Analisando as variadas opções de atividades contidas nas propostas apresentadas por Zabala (1998), utilizou-se as seguintes: elaboração de perguntas; interação entre educador e estudantes; exposição, feita pelo docente, de uma situação desafiadora relacionada ao assunto; busca por informações; práticas e avaliação. Elas foram contempladas no trabalho de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a). Na próxima seção há a apresentação da metodologia da pesquisa.

5. METODOLOGIA

A pesquisa terá uma abordagem metodológica de intervenção pedagógica, cujo método empregado é para analisar e mensurar a eficácia de diferentes técnicas, projetos ou ações que visam aprimorar a educação em um ambiente específico. Esse tipo de pesquisa é frequentemente empregado em estudos na área da educação, com o intuito de compreender de que forma as alterações nas práticas educativas podem influenciar o processo de aprendizagem e evolução dos estudantes. É fundamental destacar que cada pesquisa pode apresentar particularidades conforme o ambiente e os propósitos do estudo (Damianni *et al.*, 2013).

Na pesquisa de intervenção, o investigador não apenas observa ou obtém informações sobre um fenômeno, mas também participa ativamente com o objeto de estudo, aplicando uma intervenção elaborada. Essa pode consistir em uma modificação intencional em um contexto, diretriz, método ou procedimento, visando analisar seus impactos e desfechos. Ademais, o pesquisador se envolve de maneira direta na situação em estudo, frequentemente colaborando junto a indivíduos, grupos ou organizações para aplicar e avaliar as ações propostas.

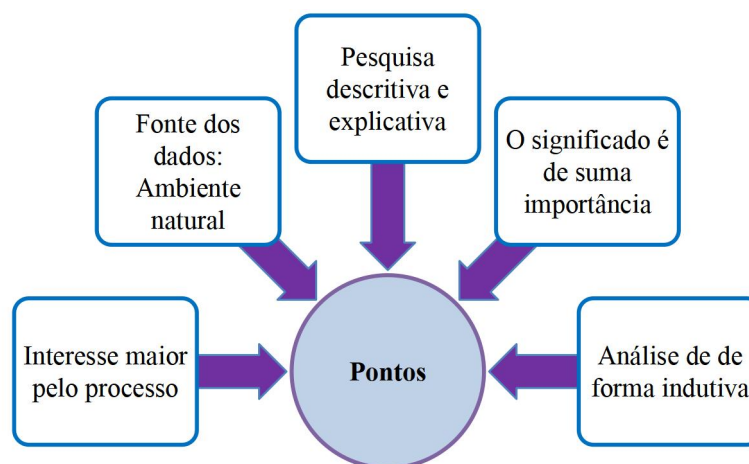
Esse método difere das abordagens mais passivas, como a simples observação ou análise de informações já existentes. Assim sendo, é classificada como uma abordagem dinâmica devido ao envolvimento direto e participação ativa do pesquisador, visando não somente compreender um determinado fenômeno, mas também provocar mudanças. Maldonado e Sudério (2021) também fizeram uso dessa pesquisa através da aplicação de sequências didáticas relacionada à educação sexual, numa abordagem qualitativa, na qual houve um senso crítico e reflexivo sobre os temas pelos estudantes.

Souza *et al.* (2019) desenvolveram ações pedagógicas que instigaram e valorizaram o protagonismo dos estudantes no ensino de Química e que superaram o olhar cartesiano na explanação dos conteúdos, haja vista o uso de um júri simulado dentro da intervenção pedagógica da pesquisa como estratégia, cujos resultados promoveram debates, verbalização e resolução dos exercícios, atividades que vão além de análise de fórmulas e regras no ensino. Moreira *et al.* (2023) também fizeram uso dessa metodologia cujo objetivo foi realizar uma experimentação envolvendo conceitos como os de cristalização, saturação, nucleação, e estrutura do cristal, no qual houve evolução dos conceitos mediante à atividade desenvolvida. Os três últimos trabalhos mencionados fizeram uso de uma abordagem qualitativa.

Com o intuito de atingir os objetivos propostos, este estudo também adota uma abordagem qualitativa, a qual, conforme Godoy (1995) menciona, permite ao pesquisador uma maior proximidade e entendimento dos fenômenos investigados, viabilizando uma análise abrangente, na qual diversas informações são coletadas sobre o tema em questão. O autor também destaca que a pesquisa qualitativa pode seguir diferentes direções de investigação, destacando a pesquisa documental, estudo de caso e etnografia como as mais populares.

De acordo com os estudos de Bogdan e Biklen (1994) a pesquisa qualitativa possui 5 características a serem oportunizadas no processo de ação conforme o fluxograma, Figura 8, a seguir.

Figura 8. Características da pesquisa qualitativa



Fonte: Elaboração própria (2025).

Segundo Bogdan e Biklen (1994), a interpretação dos dados costuma seguir uma abordagem baseada na indução, desde que esteja embasada no arcabouço teórico que guia a pesquisa principal. Isso vai muito além de uma simples descoberta, pois requer investigação e planejamento cuidadosos. Também envolve uma observação minuciosa durante a realização das atividades. Conforme Minayo (2002), o enfoque qualitativo é a ferramenta de pensamento apropriada e desempenha um papel central na teoria. Esse processo ocorrerá no ambiente natural dos participantes, incluindo estudantes e professores, durante suas atividades em sala de aula (Lüdke; André, 1986).

Godoy (1995) assevera que a pesquisa qualitativa usa o ambiente natural como fonte direta de informações, sendo o pesquisador o principal instrumento nesse processo. Ele é responsável por escolher, analisar, coletar dados e discutir os resultados obtidos sobre o fenômeno em estudo. Há uma importância no contato direto dele com o ambiente e a situação

investigada. É necessário considerar as ideias anteriores dos participantes do estudo e adotar uma abordagem muitas vezes indutiva na interpretação dos dados.

Já nos trabalhos de Santos, Ribeiro e Souza (2018) e Gobbato (2018), por exemplo, a metodologia se pautou numa abordagem qualitativa, utilizando alguns elementos de análise textual discursiva com o uso de questionários. Eles também investigaram os conhecimentos prévios sobre o conteúdo em questão através de um teste inicial cuja leitura de textos também foi de suma importância para esta análise. Os experimentos e as leituras serviram de instrumentos cognitivos para a ocorrência da AS segundo os autores.

Segundo Moreira (2011b), a pesquisa quantitativa visa descobrir padrões, enquanto a pesquisa qualitativa foca na construção do conhecimento. Além de simplesmente descobrir, esse processo requer investigação e planejamento, incluindo uma observação detalhada durante a realização das atividades (Flick, 2009).

Nesse contexto, o instrumento diário de campo, abordado na pesquisa de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025b), foi utilizado para registrar observações feitas durante as aulas e atividades experimentais, incluindo comportamentos, interações e comentários dos estudantes. Esses registros permitiram uma análise mais sensível e aprofundada das dinâmicas pedagógicas, favorecendo a compreensão dos sentidos atribuídos pelos estudantes às experiências vivenciadas, em consonância com os pressupostos da pesquisa qualitativa orientada à construção significativa do saber.

5.1 Descrição do público-alvo e lócus da pesquisa

A pesquisa foi realizada com duas turmas da terceira série do Ensino Médio da EEM Dona Júlia Alves Pessoa, pertencente à rede pública estadual de Fortaleza, Ceará. Os estudantes encontravam-se, predominantemente, na faixa etária de 15 a 18 anos. A escolha dessa série se justifica pelo fato de que os estudantes já tiveram contato prévio com os conteúdos abordados (ácidos, bases e óxidos) no ano anterior mediante ao conteúdo programático previsto na escola, possibilitando a investigação de seus saberes prévios e a identificação de possíveis entraves na aprendizagem.

O estudo teve como lócus a sala de aula e o laboratório de Química, contando com a participação de 58 estudantes no total. Dessa forma, a pesquisa buscou analisar os conhecimentos já adquiridos e como influenciam na compreensão dos novos conceitos trabalhados, considerando tanto as potencialidades quanto as dificuldades enfrentadas no âmbito escolar, haja vista promover uma ASC.

Ressalta-se que os critérios usados para selecionar os participantes não consideraram a idade, a etnia, o sexo ou qualquer outro aspecto físico ou social. A única exigência é que os estudantes tenham a autorização de seus responsáveis para participar do estudo e estejam devidamente matriculados e queiram participar.

Atendendo às especificação do CEP, os responsáveis pelos participantes envolvidos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A), documento essencial que formaliza a autorização para a participação deles na pesquisa. Nesse termo, foram apresentados os objetivos do estudo, os procedimentos adotados, possíveis riscos e benefícios, bem como a garantia do sigilo das informações e da liberdade de desistência a qualquer momento, sem prejuízo para os participantes.

Os estudantes menores de idade assinaram o Termo de Assentimento (Apêndice B), manifestando sua concordância em participar da pesquisa após receberem explicações claras e adequadas à sua compreensão sobre o propósito e as etapas do estudo. No caso dos estudantes maiores de idade, estes assinaram diretamente o TCLE, garantindo seu consentimento sem a necessidade de autorização dos responsáveis.

Na pesquisa dos dados, os participantes foram identificados por meio de letras do alfabeto (K1 a K58) para garantir seu anonimato. De acordo com a resolução CNS 196/96 que preconiza a adoção de práticas que garantam a confidencialidade e a privacidade (Brasil, 2012), essa medida é essencial para que os envolvidos se sintam confortáveis durante a investigação. Na próxima seção há a discussão da SD embasada no trabalho de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a).

6. APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: DISCUSSÃO DAS ETAPAS

Da mesma forma, em que o saber científico, muitas vezes, é construído através da consolidação ou substituição de teorias, as atividades destinadas à produção de conhecimento devem acontecer através da compreensão, possibilitando que, caso não haja ideias adequadas, os estudantes devem ser estimulados a produzir novos conceitos (Gonçalves; Goi, 2022).

As vivências e conhecimentos prévios, conforme discutido, devem ser considerados e, conseqüentemente, a necessidade de argumentar e analisar o fenômeno através da possibilidade de diálogos em sala. Dessa forma, a experimentação, por exemplo, fará sentido para o sujeito, já que o conhecimento existente na sua estrutura cognitiva auxiliará no processo de ensino e aprendizagem (Filgueiras; Passos; Vasconcelos, 2025; Silveira; Vasconcelos; 2022; Silveira; Vasconcelos, 2023).

No que concerne à SD há cinco etapas, totalizando 9 aulas, na qual a primeira etapa é composta de uma aula e as outras etapas duas aulas. Com exceção das atividades referentes ao uso do *software* PhET e realização do experimento, o qual preferencialmente deve ocorrer no laboratório de informática e no laboratório de química, respectivamente, as demais aulas aconteceram na sala de aula.

Abaixo segue a descrição das atividades consoante as etapas propostas pela SD (Quadro 3) baseada no trabalho de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a) e nos estudos propostos de Zabala (1998).

Quadro 3. Etapas da realização da SD

Etapas	Temas das aulas	Aulas	Duração prevista	Atividades	Objetivos
1	- Aplicação do questionário baseado na escala Likert e do pré-teste. - Elaboração de um texto argumentativo sobre a Chuva Ácida.	1	1 aula de 70 min.	Preenchimento dos questionários e confecção do texto através do uso de um mapa conceitual.	Análise dos saberes prévios e identificação dos OE.
2	Abordagem dos conceitos da classe das funções inorgânicas	2	1 aula de 50 min.	Leitura da HQ e do texto gerador: discussão em sala.	

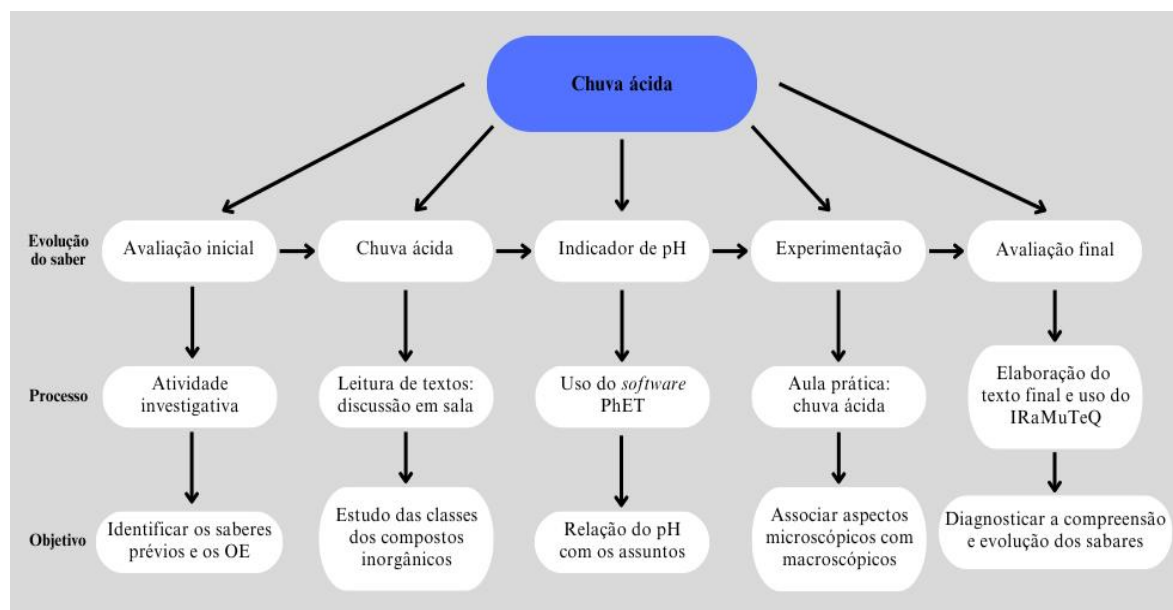
	através do tema gerador.	3	1 aula de 50 min.	Aprofundamento do assunto por meio de debates e apresentação de slides.	Conceitos de ácidos, bases, óxidos e pH através do tema chuva ácida.
3	Conceito de indicadores de ácidos e bases.	4	1 aula de 50 min.	Uso do <i>software</i> PhET.	Indicadores de ácidos e bases: escala de pH.
		5	1 aula de 50 min.	Finalização da atividade. Apresentação da pergunta norteadora para o levantamento de hipóteses e busca de soluções.	
4	Desenvolvimento da experimentação.	6	1 aula de 50 min.	Realização do experimento e discussão.	Revisão dos conceitos.
		7	1 aula de 50 min.	Realização do experimento e discussão	
5	Finalização das atividades.	8	1 aula de 50 min.	Elaboração do segundo texto argumentativo com o uso do mapa.	Atividade final.
		9	1 aula de 50 min.	Aplicação do questionário pós-teste.	

Fonte: Adaptado de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a).

Na etapa inicial da comunicação, houve a exposição dessas atividades, juntamente com a descrição e instruções sobre como serão aplicadas para que entendam as atividades no geral. Para isso, esse quadro foi apresentado aos participantes a fim de que iniciem a familiarização com o conteúdo tanto em termos temporais quanto em relação aos temas abordados em cada etapa.

No fluxograma a seguir, Figura 9, há uma versão macroscópica da SD para facilitar a visualização, abordando os objetivos gerais, as estratégias e o processo de evolução das temáticas propostas que podem facilitar a apreensão dos saberes culminando numa ASC e na minimização/suplantação de OE.

Figura 9. Visão geral da SD



Fonte: Elaboração própria (2025).

A seguir, são apresentadas as discussões sobre as etapas da sequência, detalhando as aulas e destacando os 11 princípios programáticos facilitadores da teoria abordados no Quadro 1 assim como os materiais necessários para a aplicação. Além disso, são explicitados os objetivos, destacando sua relevância para a construção do conhecimento. Também são fornecidas explicações acerca dos instrumentos utilizados na pesquisa, incluindo sua fundamentação teórica e a forma como contribuirão para a análise dos resultados.

6.1. Etapa 1: aplicação do questionário pré-teste

A aplicação do questionário denominado pré-teste/pós-teste (Apêndice D), utilizado como artifício nos trabalhos de Passos *et al.* (2023), Pires e Sá (2021) e Nascimento (2022), e sugerido por Filgueiras, Silveira e Vasconcelos (2023) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a), tem como objetivo sondar os saberes prévios, fator essencial dentro da TASC. Moreira (2010a) afirma que os estudantes não são mais receptáculos vazios, mas o ponto de partida para todo o processo de aprendizagem; exemplos, problemas e objetivos de aprendizagem surgem a partir do entendimento individual.

Moreira (2017, p. 4) assevera que “a interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios é a característica chave da aprendizagem significativa, aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de aplicação, de transferência.” O princípio 1 da teoria é primordial para uma ASC, pois a aprendizagem acontece a partir do que já sabemos. O questionário foi

elaborado baseado em avaliações nacionais. Possíveis erros nas respostas poderão ser observados e utilizados para fomentar as aulas teóricas (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

O erro frequentemente encontrado em debates propostos não deve ser negado ou encarado como um aspecto negativo, mas como essencial para a compreensão do conteúdo. A análise crítica dos erros é crucial para o progresso no campo do conhecimento científico, considerando-se o estudante como um participante ativo, cujas ideias e pensamentos devem ser levados em consideração. Ressalta-se que, se o erro for protegido e/ou defendido, pode transformar-se em um obstáculo epistemológico, ou seja, um entrave na aprendizagem, como foi destacado pelo filósofo Gaston Bachelard (1996).

Adicionalmente, conforme o princípio 7, “aprendizagem pelo erro”, Moreira (2010a) acrescenta que ao questionarmos o conhecimento prévio, dizendo não a ele, mas ao mesmo tempo aceitando-o, conseguimos progredir e evoluir, superando-o ou ressignificando conceitos. É importante reordenar esses saberes em uma nova ordem de racionalidade, entendendo que esse processo não significa erradicá-los, mas usá-los a nosso favor (Faria; Recena, 2020; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

Nascimento (2022) e Almeida *et al.* (2022) ratificam no princípio 8, “desaprendizagem”, que é preciso aprender a desaprender, ou seja, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes ou inadequados para a sobrevivência, reelaborando conceitos indevidos. Não se trata de eliminar algum conhecimento já adquirido na estrutura cognitiva, o que, aliás, é impossível quando a aprendizagem foi significativa, mas de não utilizar como base para novos aprendizados (Moreira, 2021).

A seguir, a discussão referente ao questionário Likert e a elaboração do texto, que fazem parte ainda dessa etapa.

6.1.1 Etapa 1: aplicação do questionário da escala Likert e elaboração do texto

O questionário baseado na escala de Rensis Likert é uma proposta de avaliação, sendo assim, fica a critério do professor modificá-lo da forma que achar conveniente. O mesmo ajudará a identificar os OE existentes mediante aos conceitos da classe dos compostos inorgânicos ácidos, bases e óxidos através do tema gerador chuva ácida. A escolha dessa escala foi devido à facilidade do estudante expressar seu nível de concordância em relação a cada declaração (Junior; Costa, 2014).

Será levado em consideração o questionário pré-teste para inter-relacionar as ideias propostas pelos estudantes com o intuito de fomentar as discussões, fato esse possível dentro

de uma abordagem qualitativa. Ressalta-se que o pré-teste, comumente utilizado dentro da TASC, também ajudará na identificação dos saberes prévios conforme a RSL realizada por Silveira e Vasconcelos (2023) e a SD de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a).

Segundo Dalmoro e Vieira (2013), a escala Likert tem se popularizado desde que foi criada, fato esse evidenciado nos trabalhos de Junior e Costa (2014), Silva (2021), Silva (2022) e Sagica *et al.* (2024). A estrutura da escala de avaliação usualmente apresenta cinco opções fixas, nas quais o participante deve escolher apenas uma, variando de concordo totalmente a discordo totalmente (Likert; 1932).

De acordo com Bertram (2006), é uma ferramenta psicométrica na qual o participante deve expressar seu grau de concordância ou discordância em relação a uma ratificação, item ou questão, por meio de uma escala classificatória ordenada e unidimensional para coleta das respostas. Com o intuito de reunir informações essenciais para realizar a comparação antes e depois da intervenção educacional, foi desenvolvido uma escala inicial, contendo 12 questões de concordância.

Mediante ao propósito de identificação dos obstáculos, a escala foi adaptada utilizando-se três níveis: concordo (C), não sei opinar (NS) e discordo (D). Não sendo necessário avaliar se concorda totalmente ou discorda totalmente, haja vista a análise seja para sondar os aspectos químicos e ambientais que os estudantes possuem de conhecimento, no qual será levado em consideração a literatura vigente sobre o conteúdo proposto. Havendo concordância com a afirmação, entende-se que a mesma esteja correta na concepção do estudante, caso haja discordância, há erros ali existentes que poderão ser colocados no espaço em branco.

Há espaços nesse questionário para os estudantes explanarem seus saberes perante as afirmativas colocadas, no qual há seis verdadeiras e seis falsas. Ademais, isso promove uma abordagem qualitativa. Foram estabelecidas categorias dos assuntos conforme o Quadro 4 com as respectivas declarações. Assim, explana a intenção de análise de cada afirmação proposta.

Quadro 4. Categorias utilizadas na escala Likert

Categorias	Afirmativas
1. Aspectos gerais da chuva ácida.	Um dos ácidos responsáveis pela chuva ácida é o ácido nítrico.
	A causa da diminuição brusca do pH da água da chuva é o aumento da acidez dos rios.

	A chuva já é naturalmente ácida devido a formação do ácido carbônico.
2. Análise do pH	Se o pH for maior que ($\text{pH} > 7$) a substância é alcalina, se for menor que 7 ($\text{pH} < 7$) é ácida.
	É possível identificar apenas produtos de natureza ácida utilizando indicador natural.
3. Estudo dos óxidos	A água é considerada um solvente universal e classifica-se como um óxido.
	Uma consequência da chuva ácida é a poluição devido aos óxidos.
4. Conceitos de ácidos e bases	A amônia (NH_3), utilizada principalmente como fertilizante, é um exemplo de base.
	Pikachu verificou que as bases terminam com a hidroxila (OH).
	Verificou-se que os ácidos começam com o elemento químico hidrogênio na sua fórmula molecular.
	Os ácidos reagem com as bases e vice-versa, cuja reação é chamada de neutralização.
	Segundo Galisbeuda, todos os ácidos possuem sabor azedo e as bases sabor adstringente.

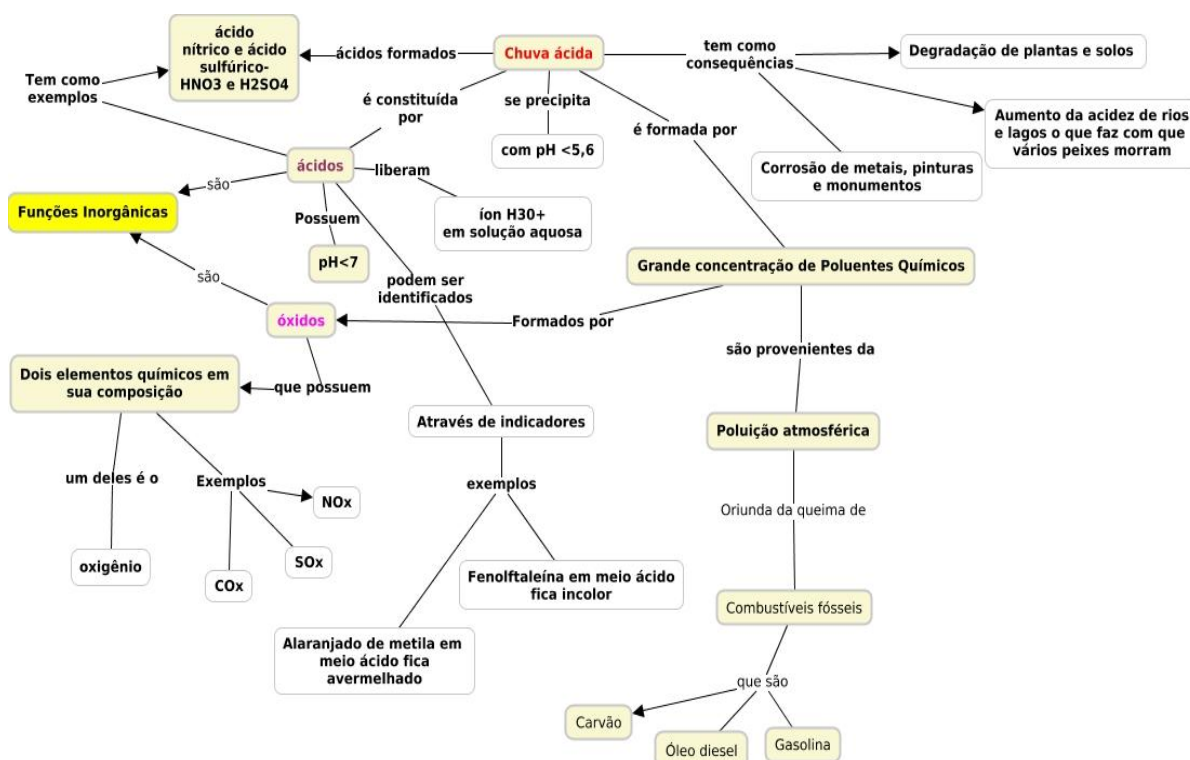
Fonte: elaboração própria (2025).

Essas categorias foram desenvolvidas visando compreender as opiniões deles sobre os temas fundamentais deste estudo, de forma que cada declaração representa uma visão específica sobre determinado assunto. Destaca-se que a categoria “conceitos de ácidos e bases” há mais afirmativas pois contempla duas classes a serem analisadas.

Nesta pesquisa, os estudantes elaboraram dois textos sobre a chuva ácida, abordando tanto os aspectos químicos quanto os ambientais. A produção textual ocorreu em dois momentos distintos: no início e ao final da investigação, permitindo uma análise comparativa de sua compreensão ao longo do processo. Para auxiliar na construção do conhecimento, utilizou-se como referência um Mapa Conceitual (Figura 10), elaborado pelo pesquisador por meio do *software* gratuito *Cmap Cloud*.

A atividade foi desenvolvida em equipes, 10 no início e 10 no final, promovendo a colaboração entre os participantes. O estudo adotou uma abordagem de método misto, combinando análises qualitativas e quantitativas (Tashakkori; Creswell, 2007) em um único escopo investigativo através do uso do *software* gratuito IRaMuTeQ que será discutido nos resultados da pesquisa.

Figura 10. Mapa conceitual elaborado



Fonte: Elaboração própria (2023).

6.2. Etapa 2: explanação do assunto e proposição do problema

Inicialmente, foi apresentada uma história em quadrinhos (HQ), extraída do trabalho de Ramos *et al.* (2022), Apêndice E, como recurso lúdico para introduzir o tema de forma acessível, na qual foi entregue uma cópia para cada participante. Após a leitura, os estudantes expuseram suas dúvidas e considerações. Dessa forma, começaram as discussões sobre os conceitos de ácidos, bases e óxidos.

O texto gerador, Quadro 5, aborda a temática da chuva ácida, auxiliando na contextualização do assunto e na construção do conhecimento. Nele, são explorados tanto os aspectos químicos quanto os ambientais, servindo como base para o estudo. Para instigar a curiosidade dos estudantes e incentivar debates, o texto é estruturado de forma questionadora, começando pelo próprio título.

Segundo Odetti (2019) é importante a apresentação de um título reflexivo a fim de instigar os conhecimentos prévios, ajudando no processo de ensino e aprendizagem. Outro texto alternativo que pode ser usado para essa atividade é o proposto no trabalho de Passos e Vasconcelos (2023) cujo título é: “A importância da digestão: desvendando o papel das funções inorgânicas”.

Quadro 5. Texto do tema gerador

Entendendo a chuva ácida: será que mata?

A Chuva Ácida é habitual em grandes centros industriais cuja capacidade é alterar substancialmente os ecossistemas, atingindo animais e vegetais, assim como deteriorar estruturas. Agora será se esse problema acontece apenas em cidades industrializadas?

A água da chuva não é totalmente pura, pois sempre carrega componentes da atmosfera, o próprio gás dióxido de carbono (CO_2), também conhecido como gás carbônico, ao se dissolver na água, acaba formando o ácido carbônico (H_2CO_3), o que a torna um pouco ácida com um potencial hidrogeniônico (pH) aproximadamente igual a 5,6. O pH serve para medir o grau de acidez, basicidade e neutralidade de determinadas substâncias. Se o pH for menor que 7 ($\text{pH} < 7$) significa dizer que há ácido presente na composição, agora se for maior 7 ($\text{pH} > 7$) há a presença de substância alcalina (básica). E se for exatamente igual a 7? Define-se como chuva ácida a precipitação contendo substâncias cujo pH seja inferior a 5,6, ou seja, mais ácida que o normal. O que causaria essa diminuição do pH? Dica: problema comum referente ao aquecimento global.

O ácido carbônico formado é muito fraco, o que não compete à água uma diminuição brusca do pH. Diferentemente do CO_2 , os óxidos de enxofre (SO_x) e de nitrogênio (NO_x) presentes na atmosfera formam ácidos fortes, aumentando a acidez da água da chuva. Adicionalmente, há uma preocupação com o fenômeno do efeito estufa que ocasiona também o aquecimento global, haja vista que são os mesmos gases formadores envolvidos no fenômeno chuva ácida. Essa é causada pela poluição da atmosfera, na qual pode acarretar muitos problemas para as plantas, animais, solo, água, construções e, também, às pessoas. Um dos problemas é a reação desse ácido com metais e carbonatos atacando muitos materiais usados na construção civil.

Reações semelhantes ocorrem com os óxidos de nitrogênio. Como o ar é formado de gás nitrogênio (N_2) e gás oxigênio (O_2), durante as tempestades, a Chuva Ácida pode ser transportada através de longas distâncias, podendo cair em locais em que não há fonte de poluentes causadores do fenômeno. Esse é, principalmente, local, pois a composição da chuva depende dos poluentes lançados naquele mesmo lugar. Algumas vezes, as nuvens poluídas se deslocam, regando áreas mais afastadas com sua água ácida. Os principais agentes poluidores, típicos de regiões altamente industrializadas, são os óxidos de enxofre e nitrogênio, que, dissolvidos em água, formam os ácidos sulfúrico (H_2SO_4) e nítrico (HNO_3). Agora pergunto: qual a importância de evitar essa problemática? O que o governo poderia fazer para ajudar a minimizar ou findar essa problemática? É possível?

Fonte: Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a).

Em relação aos conteúdos propostos no texto, os conceitos de ácidos e bases neste estudo serão tratados conforme o químico Arrhenius, expresso segundo Brown, Lemay e Busten (2005, p. 566) da seguinte maneira: “os ácidos são substâncias que, quando dissolvidas em água, aumentam a concentração de íons H^+ . De forma semelhante, as bases são substâncias que, quando dissolvidas em água, aumentam a concentração de íons OH^- .”

Em relação à leitura desse texto, foi feita de forma coletiva havendo pausas nas perguntas propostas no texto para que os estudantes pudessem expor suas opiniões. Isso ajudou a instigar a curiosidade e até mesmo o interesse, visando à contextualização e à criticidade. De acordo com os princípios 3, 10 e 11 da TASC, a adoção de materiais variados e criteriosamente selecionados, em vez de focar exclusivamente nos livros didáticos ou na lousa/quadro de giz, é fundamental para promover uma ASC (Moreira, 2010a).

De forma concomitante, slides com mais imagens foram apresentados com as explicações destacando as perguntas contidas no texto gerador para que fossem respondidas

de forma coletiva oralmente, no qual quem acertasse ganharia um bombom de chocolate para incentivá-los mais. As reações químicas envolvidas foram apresentadas nos slides, assim como as definições de Arrhenius. Salienta-se que o uso do livro e do quadro não deve ser abolido, mas também não deve ser a única forma de explorar os conteúdos. Em suma, foram aulas expositivas e dialogadas.

De acordo com Moreira (2010a) o princípio 5, conhecimento como linguagem, cada linguagem, tanto em termos de seu léxico como de sua estrutura, representa uma maneira singular de perceber a realidade. Praticamente tudo o que chamamos de “conhecimento” é linguagem. A familiarização com os aspectos químicos mencionados no texto possibilitou uma maior compreensão do conteúdo em questão, permitindo reflexões mais aprofundadas dentro da SD proposta.

6.3. Etapa 3: uso do *software* PhET

No trabalho de Santana *et al.* (2021), por exemplo, foi criada a TAPEQUIM destinada a professores e estudantes, no qual é uma ferramenta tecnológica que visa facilitar o aprendizado da tabela periódica sob à luz da TASC. Os resultados mostraram a construção de um saber crítico e novos conceitos sobre a radioatividade. Quatro princípios da teoria foram evidenciados, como o da não centralização do livro didático (3), da desaprendizagem (8), não centralidade no quadro (10) e abandono da narrativa (11).

A incorporação da tecnologia, de acordo com a LDB, pode ajudar a ampliar o acesso ao conhecimento. No trabalho de Batistella e Leão (2022) foram catalogados de 2017 a 2022, 22 objetos digitais de aprendizagem, que contribuem para o processo de aulas dinâmicas, sendo um deles o *software* PhET, criado pela Universidade do Colorado, que disponibiliza uma variedade de simulações interativas que possibilitam a investigação de conceitos científicos. Essas simulações são elaboradas para serem fáceis de usar, permitindo que os estudantes realizem experiências virtuais. O PhET pode ser acessado no seguinte endereço: https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale_all.html?locale=pt_BR.

Os estudantes, divididos em equipes de 2 a 3 pessoas, acessaram a atividade de simulação intitulada ácidos e bases no laboratório de informática da escola e preencheram o Quadro 6 como atividade:

Quadro 6. Atividade do *software* PhET

Substâncias	pH	Valor do pH com 1 litro de água	Ácido ou alcalina?
Sangue			
Cafê			
Cuspe			
Refrigerante			
Leite			
Canja			

Fonte: Elaboração própria (2025).

Por meio dessa atividade, foi possível identificar algumas substâncias apresentadas nos slides e analisar a questão da concentração. Além disso, em vez de utilizar o termo "base", optou-se pelo uso da palavra "alcalina", reforçando esse sinônimo comumente abordado em avaliações. A tecnologia desempenha um papel fundamental nesse processo, permitindo a visualização e a compreensão mais dinâmica dos conceitos, facilitando a assimilação dos conteúdos e promovendo uma aprendizagem mais interativa e significativa (Silveira *et al.* 2019).

No estudo realizado por Vanin *et al.*, (2024), por exemplo, a utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas, aliada ao aplicativo Ptable, demonstrou-se eficaz no desenvolvimento das habilidades previstas pela BNCC no ensino da Tabela Periódica. Os resultados indicaram que os estudantes desenvolveram maior autonomia, evidenciada pelo elevado nível de envolvimento e comprometimento durante a realização das atividades propostas.

Após essa atividade, colocou-se a seguinte pergunta norteadora para direcionar os estudantes: “*Como a chuva ácida pode alterar a coloração das plantas e folhas e quais reações químicas estão envolvidas nesse processo?*” Ressalta-se que os estudantes já tiveram contato com conceitos fundamentais relacionados ao tema por meio das outras aulas, o que lhes proporcionou uma compreensão inicial. Assim, podem formular hipóteses mais embasadas e interpretar os resultados de maneira crítica.

Isso condiz com o princípio 2 da teoria, “*interação social e questionamento*”, cujo propósito é instruir a formulação de questionamentos ao invés de propor soluções. Busca-se incentivar a utilização prática e criativa do conhecimento teórico que possuem. O compartilhamento de significados resulta da negociação entre estudante e professor, no entanto isso precisa incluir uma constante troca de perguntas ao invés de respostas. Tais

aspectos remetem ao princípio 9, “incerteza do conhecimento”, no qual nosso conhecimento é algo que nós mesmos construímos e pode conter equívocos, já que isso depende da forma como o desenvolvemos (Moreira, 2010a; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

Essas indagações que surgiram mediante ao levantamento de hipóteses promoveram uma construção ativa do saber através da montagem do experimento. No cenário da investigação prática, essa abordagem favorece o desenvolvimento do pensamento científico, incentivando a curiosidade, a elaboração de explicações embasadas e a reflexão sobre os efeitos ambientais desse fenômeno. Ademais, a troca constante de questões entre professores e estudantes favorece uma aprendizagem colaborativa, onde o conhecimento é não apenas repassado, mas cocriado, resultando na revisão de conceitos e na ampliação da compreensão sobre o tema (Filgueiras; Passos; Vasconcelos, 2025).

6.4. Etapa 4: experimentação da chuva ácida

Conforme Hodson (1994), para que ocorra uma avaliação crítica acerca da experimentação a ser realizada, é necessário que algumas indagações sejam feitas pelo professor para que ele mesmo responda, permitindo uma autoavaliação que o leve a refletir sobre a relevância e a condução da atividade, de modo que ela seja construtiva e crítica. As observações propostas pelo autor para cada indagação corroboram essa condução, a fim de fomentar a autorreflexão, conforme evidenciado no Quadro 7.

Quadro 7. Autoavaliação da experimentação

Questionamento	Observação
1) A atividade é atrativa para os estudantes visando à motivação?	Os estudantes devem ser encorajados a realizar a atividade levando em consideração um ambiente leve e sem cobranças em termos de notas.
2) Há uso e explicação de vidrarias de laboratório tendo em vista as regras gerais?	Importante utilizar vidrarias, caso disponha, para se familiarizarem com seu propósito seguindo as regras estabelecidas pelo uso geral.
3) A atividade corrobora para compreender o assunto abordado?	Fornecer meios que fujam do modelo tradicional de ensino para facilitar a compreensão do saber científicos.
4) A imagem passada pelas ações se encaixa no saber científico?	As atividades devem estar em conformidade com a literatura.
5) A experimentação instiga a promoção de atitudes	As atividades desenvolvidas perpassam os aspectos

éticas?	químicos indo de encontro aos aspectos ambientais quando possível.
---------	--

Fonte: Adaptado de Hodson (1994).

A presença do professor nesse processo de discussão é muito importante para verificar o que será possível fazer dentro da realidade disponível, além de discutir possíveis obstáculos de compreensão e eventuais equívocos no que foi tratado. O foco deve ser sintetizar e organizar os saberes adquiridos nas aulas de forma prática, com o professor atuando como articulador da interdisciplinaridade e facilitador do processo. Ele deve oportunizar a formação de equipes na execução dos experimentos, assim como instigar a colaboração.

Esse intercâmbio de ideias favorece uma compreensão mais profunda do assunto à medida que há uma colaboração mútua, criando um ambiente de aprendizado coletivo que fortalece a construção do conhecimento. Em concordância com a BNCC (Brasil, 2018), a competência específica 1 do documento destaca a importância de analisar fenômenos naturais, assim como processos tecnológicos, almejando propor ações individuais e/ou coletivas que contribuam para o benefício da sociedade e do meio ambiente, minimizando até mesmo impactos ambientais. Tais aspectos devem fazer parte do planejamento, visando ao dinamismo e à interdisciplinaridade alinhada à contextualização dos saberes.

Isso configura uma possibilidade de interação dos estudantes, pois estimula a criatividade e ao pensamento crítico, elementos que corroboram no índice de ocorrência de uma ASC (Moreira, 2017). O estudante deve ser visto como perceptor mediante ao princípio 4, no qual isso indica que o professor está constantemente lidando com as perspectivas individuais dos estudantes em determinado momento. Em suma, ser perceptor é estar ativamente engajado na construção do saber, o qual requer a capacidade de interpretar de forma crítica e reflexiva (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). Ademais, a atividade foi realizada no laboratório de Química em equipes. Na turma 1 (30 sujeitos), foram 4 equipes, já na turma 2 (28 sujeitos).

6.5. Etapa 5: Finalização das atividades

Após a realização da experimentação, os estudantes desenvolveram atividades voltadas à organização e análise do conhecimento adquirido através da produção, nas mesmas equipes, de outro texto baseado no mesmo mapa inicial, Figura 10, como forma de avaliação, utilizando-o como referência para estruturar suas ideias e estabelecer conexões entre os

principais conceitos abordados, como pH, chuva ácida, indicadores ácido-base e impactos ambientais. Dessa vez, observou-se o acréscimo de novos conceitos, novas discussões, discutidas adiante.

Mossi e Vinholi Júnior (2022) também fizeram uso dessa ferramenta de ensino fundamentada na TAS usando a experimentação, evidenciando uma boa evolução cognitiva dos conceitos referentes ao estudo. No trabalho de Oliveira, Aquino e Cavalcante (2020) também houve o uso a fim de promover uma ASC dentro do contexto das TDICs, mostrando ser uma estratégia potencialmente promissora. Reforçam, ainda, que variadas estratégias, desde que bem aplicadas, levam a uma ASC. Já no trabalho de Filgueiras, Passos e Vasconcelos (2025) houve a proposta do uso da tecnologia PhET.

Antes dessa elaboração dos textos foram retomados as últimas perguntas do texto gerador do Quadro 5: “Qual a importância de evitar essa problemática? O que o governo poderia fazer para ajudar a minimizar ou findar essa problemática? É possível?”. Esse momento foi essencial para reforçar conceitos e esclarecer dúvidas remanescentes, garantindo que os estudantes tivessem um ponto de partida sólido para a atividade.

A retomada de questionamentos e conceitos está diretamente relacionada ao princípio 6, que enfatiza que os significados das palavras são construídos pelas pessoas com base em suas experiências prévias. Para que a aprendizagem seja significativa, é fundamental que os estudantes consigam relacionar novos conhecimentos aos que já possuem. Dessa forma, ao revisitar questões instigadoras e conceitos-chave, buscou-se retomar o conhecimento prévio modificado, facilitando a assimilação de novas ideias (Moreira, 2021).

Adicionalmente, Almeida *et al.* (2021, p. 6) reforçam acerca desse princípio que “Desenvolver a consciência semântica, onde cada indivíduo entende que ele mesmo atribui significados às coisas.” Daí a importância do conjunto de atividades anteriores para a aplicação dessa, pois ajuda no processo de inter-relação dos saberes, ajudando aqueles que estão com dúvidas acerca de um conteúdo contemplado nesse percurso. Ademais, Costa (2020) pontua que refletir em uma ASC envolve buscar formas de estimular a aprendizagem por meio do diálogo, com atividades em grupo em que os estudantes compartilham suas produções, discutir seus resultados e receber *feedbacks*. Por fim, aplicou-se o questionário denominado pós-teste, com o objetivo de avaliar a consolidação dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes.

De acordo com Silveira e Vasconcelos (2023), essa abordagem é fundamental para mensurar a evolução da aprendizagem de maneira sistemática, permitindo identificar avanços conceituais e dificuldades remanescentes. Dessa forma, a aplicação desses instrumentos

possibilita uma análise mais precisa do impacto das estratégias didáticas adotadas, contribuindo para a reflexão sobre a eficácia do processo de ensino e aprendizagem.

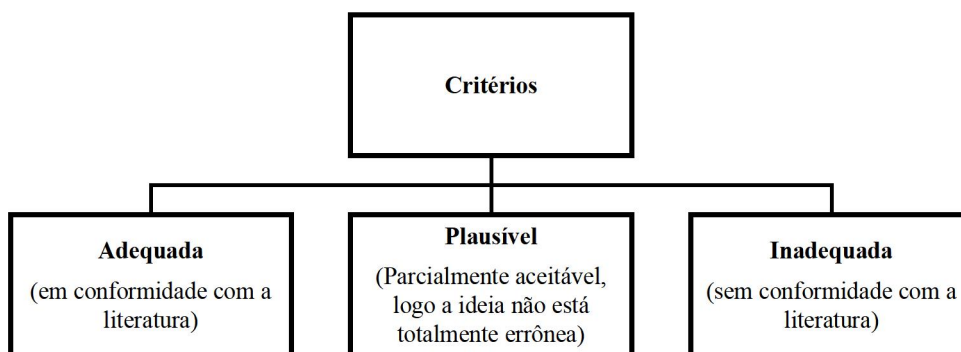
Outrossim, essa SD proporciona aos estudantes refletir sobre suas perspectivas e a se engajarem em ações que visem a aspectos positivos na sociedade. A TASC reconhece a ligação entre o aprendizado pessoal e o ambiente social, visando capacitar os estudantes a se tornarem agentes atuantes na mudança de suas próprias realidades, corroborando com o processo de ensino de aprendizagem na disciplina de Química.

7. INSTRUMENTO DE INVESTIGAÇÃO ESTABELECIDO POR VÁZQUEZ-ALONSO *ET AL.* (2008)

O questionário pré-teste elaborado foi discutido conforme os critérios estabelecidos por Vázquez-Alonso *et al.* (2008). Essa ferramenta também foi utilizada nos trabalhos de Costa, Júnior e Gobara (2019) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025b), que classifica as respostas em três categorias: adequada, plausível e inadequada. Além disso, em algumas discussões da escala Likert também foram utilizados esses critérios para colaborar com as discussões.

Além disso, foram identificados padrões emergentes e exemplos representativos para discutir como esse conjunto de atividades influenciou na compreensão dos estudantes. A seguir uma descrição desses critérios conforme o organograma da Figura 11.

Figura 11. Análise dos critérios



Fonte: Elaboração própria (2024).

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 outro propósito é identificar os OE, que fazem parte da primeira etapa do estudo estabelecido. Isso já configura um avanço em prol do conhecimento científico, no qual conforme Astolfi (1994, p. 212) 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.

Vale destacar que essa análise proposta por Vázquez *et al.* (2008) permite acrescentar discussões das respostas propostas de forma mais detalhada em detrimento da literatura sem desconsiderar aquilo que o sujeito já sabe, contribuindo para as discussões e inferências, como preconizado também pela abordagem qualitativa.

Moreira (2011b) endossa a importância do questionário para indicar informações úteis sobre o estudo realizado, no qual auxilia na preparação das aulas em prol de um maior engajamento dos estudantes pois eles se sentirão importantes no desenvolvimento do assunto em sala de aula ajudando na construção de conexões significativas entre os saberes novos e aquilo que já sabem.

Isso foi planejado 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 OE, busca-se identificar os desafios enfrentados e propor estratégias que favoreçam a construção do pensamento científico.

8. BREVE DISCUSSÃO SOBRE O USO DO *SOFTWARE* IRaMuTeQ

O *software* denominado IRaMuTeQ (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires), cuja tradução é *Interface de R para Análises Multidimensionais de Textos e Questionários*, está na versão 0.7 alpha 2, criado por Pierre Ratinaud, baseado na linguagem estatística do *software* R, é uma ferramenta computacional gratuita que possibilita a análise estatística e lexical de textos, permitindo

interpretações mistas dos resultados (Camargo; Justo, 2021; Castanhede, Rizzatti, Castanhede, 2022; Silva, 2021).

O programa utiliza a linguagem Python, oferecendo diversas opções para a realização de análises no *corpus*, incluindo Classificação Hierárquica Descendente (CHD), Análise Fatorial de Correspondência (AFC), Análise de Similitude (ADS), Nuvem de Palavras, Análises lexicográficas e Pesquisas de Especificidades de Grupos (Camargo; Justo, 2021; Coelho *et al.*, 2023; Nunes; Leite, 2022; Silva, 2022).

O trabalho de Coelho *et al.* (2023), por exemplo, realizou uma revisão bibliográfica que mapeou dissertações e teses sobre ensino e aprendizagem de Química no Ensino Médio no período de 2016 a 2023. Foram analisadas as abordagens teóricas, as metodologias e as práticas didáticas. Os dados foram interpretados com esse *software*, que gerou análise estatística textual por meio da CHD, realizando a explicação das classes que se correlacionam com o *corpus* dos resumos selecionados, indiciando que as metodologias e práticas incluem resolução de problemas, uso de recursos digitais e coleta de dados através de questionários com os estudantes.

Ressalta-se que o *software* não realiza por si só interpretação dos dados por completo, fato esse colocado por Cantanhede, Rizzatti e Cantanhede (2022), Coelho *et al.* (2024) e Silva (2022). O objetivo é estruturar o conteúdo textual com base na frequência e repetição de termos e palavras, além de analisar as relações que essas ocorrências estabelecem entre si, haja vista os parâmetros de análises lexicais (Salviati, 2017). No trabalho de Santos, Santos e Boss (2023) também utilizaram um *software* de apoio, no caso o RQDA, tendo como suporte uma análise de conteúdo para a discussão dos dados numa abordagem qualitativa pautada na TAS.

Ademais, houve um entrelaçamento do IRaMuTeQ com o arcabouço teórico da pesquisa para a interpretação dos resultados, sendo isso possível mediante à abordagem qualitativa dentro da metodologia de pesquisa de intervenção pedagógica. Realizou-se inferência das informações obtidas mediante a literatura da pesquisa como a teoria que engendra as análises gerais.

Entre as opções disponíveis no programa escolheu-se para esta pesquisa a ADS, também utilizada por Cantanhede, Rizzatti, Cantanhede (2022), Silva (2021) e Silva e Bedi (2025) e a nuvem de palavras usada por exemplo no trabalho de Nunes e Leite (2022). Tal escolha é justificado devido aos objetivos desta pesquisa, no qual o principal é ajudar nas discussões referentes à evolução conceitual dos estudantes no âmbito da ASC.

As representações gráficas geradas, baseadas nas coocorrências de palavras, possibilitam uma leitura visualmente clara e acessível, favorecendo a identificação de relações entre conceitos e a compreensão de como os significados são construídos e reorganizados ao longo do processo. Isso foi evidenciado nos trabalhos mencionados por meio de análises qualitativas que corroboram a relevância da ferramenta para estudos voltados à evolução conceitual e discussões teóricas.

O formato em árvore, que é gerado pela ADS ilustra as conexões por meio da distância e da espessura dos *halos* (gráficos de associação de palavras ou categorias), indica a relação entre os contextos ou palavras que surgem, contribuindo para a identificação da estrutura de um *corpus* textual. As palavras de maior destaque representam os núcleos centrais, a partir dos quais derivam termos que ajudam a contextualizar seu significado (Camargo; Justo, 2021; Silva; Bedi, 2025).

O *corpus* dos textos elaborados pelos estudantes devem ser preparados para o processamento do *software* IRaMuTeQ, que conforme mencionado é gratuito, podendo ser acessado através do site: www.iramuteq.org. Ancora-se no ambiente estatístico do *software* R (www.r-project.org) e na linguagem de programação Python (www.python.org). Caso a linguagem R não esteja instalada no equipamento de análise (notebook, computador etc.), será necessário realizar a sua instalação, cujo link de acesso é disponibilizado diretamente no site oficial do IRaMuTeQ (Camargo; Justo, 2021; Silva; Bedi, 2025).

No trabalho de Silva e Bedi (2025) voltado ao ensino de Química, com o tema experimentação problematizadora, houve o uso do IRaMuTeQ, destacando que a experimentação não se restringiu à mera comprovação de teorias, mas funcionou como meio de interação, levantamento de hipóteses e construção de sentidos, contribuindo para uma aprendizagem duradoura. Os autores constatarem que a ADS, por exemplo, permite a visualização das coocorrências léxicas, ajudando a chegar nesses resultados. Ademais, essa análise favoreceu a identificação de núcleos conceituais emergentes, permitindo compreender de forma mais precisa como as ideias foram sendo estruturadas.

Camargo e Justo (2021) explicam no seu trabalho um tutorial para o uso dessa ferramenta, explanada no trabalho de Silva e Bedi (2025), no qual envolve várias etapas: primeiramente, a organização do *corpus* textual em formato compatível, com a devida preparação dos dados e segmentação dos textos. Esses foram previamente codificados e unificados em um único arquivo de texto, sem pontuação e acentuação, alinhado à esquerda e salvo em bloco de notas com codificação UTF-8. Para a linha de comando, adotou-se a codificação temática no formato: *****textos_00**QeC.

A partir desse processamento, o *software* permite aplicar técnicas como as análises de similitude e a geração de nuvens de palavras, cujos resultados devem ser interpretados à luz dos teóricos da pesquisa e da metodologia escolhida. Essa sistematização assegura a confiabilidade dos dados e a integração das análises lexicais às investigações em educação científica.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas seções seguintes, são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da aplicação da SD desenvolvida. A análise contempla as diferentes etapas propostas, buscando evidenciar os avanços no processo de apreensão do saber assim como os impactos positivos observados.

Inicialmente, descreve-se a etapa diagnóstica, voltada à identificação dos saberes prévios e dos obstáculos; em seguida, detalha-se o desenvolvimento das atividades intermediárias, que visaram à construção progressiva dos assuntos; por fim, analisa-se a etapa de sistematização e avaliação, momento em que se procurou consolidar os saberes e refletir sobre os resultados alcançados visando à uma ASC.

9.1 Etapa 1: Identificação dos saberes e obstáculos - análise do pré-teste

Na primeira etapa da pesquisa, os saberes prévios e os obstáculos foram identificados por meio da aplicação dos questionários: pré-teste e Likert. Esses instrumentos foram elaborados 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. Inicialmente, responderam o pré-teste composto por 6 questões.

Posto isso, os critérios dos estudantes para a escolha das respostas foram semelhantes mediante às justificativas apresentadas, logo foram extraídos dois excertos representativos delas que foram colocadas por extenso. Ressalta-se que todas as perguntas foram respondidas, porém nem sempre foram dadas justificativas.

No Quadro 8, a seguir, apresentam-se as análises das três primeiras questões do pré-teste com a quantidade de estudantes que escolheram cada item assim como alguns critérios que expuseram. A classificação das respostas baseiam-se em Vasquez *et al.* (2008), Costa, Júnior e Gobara (2019) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025b) que foram classificadas pelo pesquisador. Isso foi feito analisando as respostas por extenso das questões propostas.

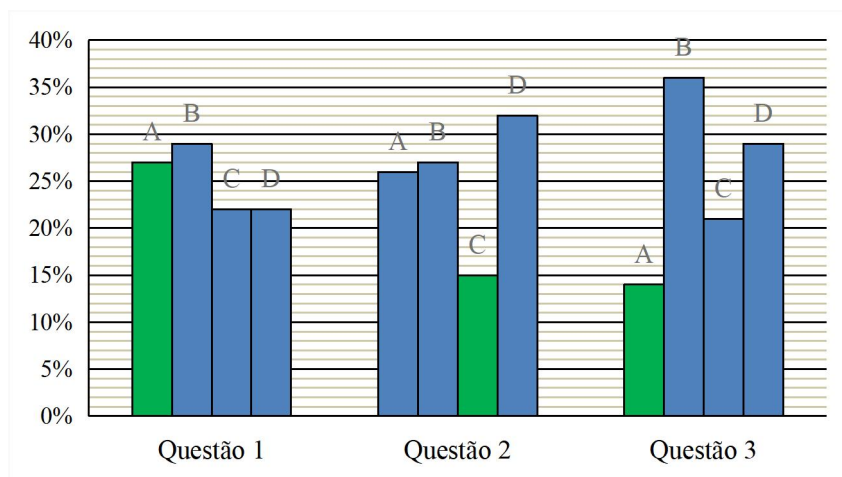
Quadro 8. Análise das questões 1, 2 e 3 do pré-teste

PERGUNTAS	ITENS	RESPOSTAS	EXCERTOS REPRESENTATIVO DAS RESPOSTAS	ITEM CORRETO
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) 16 alunos B) 17 alunos C) 13 alunos D) 12 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 a ver com o sal e tem o sódio. (K23).</i>	A) <u>Correto</u> B) Incorreto C) Incorreto D) Incorreto
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) 15 alunos B) 16 alunos C) 9 alunos D) 18 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. (K15).</i>	A) Incorreto B) Incorreto C) <u>Correto</u> D) Incorreto
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) 8 alunos B) 21 alunos C) 12 alunos D) 17 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) <u>Correto</u> B) Incorreto C) Incorreto D) Incorreto

Fonte: Elaboração própria (2025).

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; logo, infere-se que 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: Elaboração própria (2025).

Merece destaque a questão 3 na qual apenas 14% 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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Soma-se ao fato que em torno de 19% justificaram a escolha dos itens. Isso não era obrigatório; porém, infere-se que os outros 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 geral. Gois *et al.* (2022) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025b) ratificam no seu trabalho que é importante o reconhecimento e identificação dos obstáculos no âmbito escolar.

Em relação à questão subjetiva de número 4 segue o Quadro 9 apresentando cinco excertos representativos das respostas assim como os entraves encontrados, representados por cores coloridas. Apenas 26% responderam essa questão, logo os outros deixaram em branco.

Quadro 9. Questão 4 com os respectivos obstáculos

PERGUNTAS	EXCERTO REPRESENTATIVO DAS RESPOSTAS	OBSTÁCULOS ENCONTRADOS
-----------	--------------------------------------	------------------------

4º) Fale sobre as principais características das substâncias ácidas e das substâncias básicas.	“Os ácidos reagem com as bases são felizes pois neutrizam elas. Alguns são tóxicos e sabor azedo”. (K1). “Os ácidos apresentam o hidrogênio na sua fórmula e são azedos”. (K20). “As bases não podem ser consumidas e devem ser mais perigosas que os ácidos. O experimento que fiz apenas lembro da mudança de cor”. (K29). “Lembro do refrigerante e tampico que tem ácido e na bateria de carro.” (K51). “As bases devem ser tóxicas também e terminam com o OH.” (K55).	Animista Substancialista Generalização Experiência primeira
---	--	--

Fonte: Elaboração própria (2025).

Considerando-se os critérios de Vásquez-Alonso *et al.* (2008) referente à essa questão segue o Quadro 10:

Quadro 10. Classificação das respostas da questão 4

Classificação	Sujeitos da pesquisa		
	K1 - K8 - K9 - K23 - K51 - K55	K5 - K10 - K15 - K20 - K29	K25 - K31 - K42 - K47
Adequado			X
Plausível	X		
Inadequado		X	

Fonte: Elaboração própria (2025).

Destaca-se a fala do sujeito K1 na quarta questão, conforme apresentada no Quadro 9, 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, no qual disse que ficam “felizes” quando reagem, configura o obstáculo animista.

Esse tipo de concepção antropomorfiza fenômenos químicos, interferindo no entendimento científico, como aponta Bachelard (1996). Complementarmente, Bohtems (2017, p. 53-54) assevera:

A remanência das imagens na ciência não é um simples resíduo. A ressurgência dos obstáculos gera a questão da causas da dinâmica não científica do espírito. As imagens tiram sua força e sua sedução primeiramente da linguagem (por exemplo, os substantivos induzem espontaneamente a crença na existência de substâncias), da

sublimação imperfeita da libido (por exemplo, sobrevalorizamos o vivente, o que engendra a tendência animista de explicar tudo por um princípio vital) e da percepção cotidiana, sendo a visão das coisas o modelo inconsciente de qualquer intuição.

Em relação a esse subterfúgio, 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) e Silveira *et al.* (2019). Ademais, Odetti (2019, p. 163) pontua que “este obstáculo se apresenta quando se relaciona na mente um conceito com uma imagem animada.”

A resposta do sujeito K51 na quarta questão, por exemplo, foi também classificada como plausível. Ele associa corretamente determinadas substâncias do cotidiano, como refrigerantes e baterias de carro, à presença de ácidos, o que indica que possui uma noção empírica e contextualizada. Essa associação é relevante, pois demonstra que consegue estabelecer vínculos entre o conhecimento escolar e experiências concretas. Nesse sentido, o uso de exemplos cotidianos pode funcionar como uma porta de entrada para a consolidação de conceitos mais abstratos (Passos *et al.*, 2023). No entanto, a resposta não foi classificada como adequada porque não contempla os aspectos conceituais fundamentais da distinção entre as substâncias.

Reforça-se que a classificação das respostas permite uma discussão detalhada das ideias apresentadas, sem desconsiderar os saberes prévios. Essa abordagem qualitativa contribui para a elaboração de inferências que valorizam as concepções iniciais, conforme preconizado pela literatura (Costa; Júnior; Gobara, 2019; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). Além disso, isso faz parte das características de uma abordagem qualitativa, cujo método se dar também por indução (Bogdan; Biklen, 1984).

A resposta do sujeito K55, plausível, revela também que há saberes prévios, ainda que de forma parcial e com algumas imprecisões conceituais. A menção de que as bases “terminam com OH” indica o reconhecimento da presença do grupo hidroxila como um marcador estrutural característico de substâncias básicas, o que lembra a definição de Arrhenius para bases.

Entretanto, afirmar que “as bases devem ser tóxicas também” reflete uma generalização inadequada. Existem bases que variam em seus níveis de toxicidade, e várias

delas são amplamente utilizadas de forma segura em aplicações alimentícias ou médicas, como o hidróxido de magnésio, usualmente conhecido como leite de magnésia, encontrado em antiácidos vendido em farmácias. É fato que algumas bases podem apresentar toxicidade, como ocorre com a soda cáustica (hidróxido de sódio), usada na fabricação de sabões, por exemplo, mas essa característica não é determinante (Russel, 1984).

A resposta, assim, não pode ser avaliada como adequada, uma vez que não relaciona de maneira precisa as propriedades químicas das bases e apresenta uma ideia incorreta. Contudo, também não deve ser considerada completamente inadequada, tendo em vista que contém um aspecto conceitual correto e significativo (a menção ao grupo OH).

Além disso, as respostas dos sujeitos K8 (Questão 1), K20 e K55 (Questão 4) 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.

Ao analisar as respostas dos sujeitos K8 e K55, observa-se uma convergência em torno da mobilização de saberes prévios relacionados às propriedades das substâncias, ainda que expressos de forma limitada. Ambos demonstram esforço em recuperar informações que remetem a conteúdos trabalhados em sala, particularmente no que diz respeito à definição de Arrhenius, mas suas formulações ainda carecem de aprofundamento.

Brown, Lemay e Bursten (2005, p. 565) pontuam: “Desde os tempos primordiais, os cientistas identificam os ácidos e as bases por suas propriedades características.” Os ácidos são tidos como substâncias azedas e as bases com sabor adstringente, ou seja, aparentemente amargo. Adicionalmente, Medeiros, Rodrigues e Silveira (2016) afirmam que o ensino de Ciências foi tomado por essas ideias e perdura até os dias atuais, fato esse evidenciado no trabalho de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025b).

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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). Em relação a esses assuntos, Bachelard (1996, p. 148) 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 se revelaram, 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.

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 da formação do novo espírito científico de Bachelard (1996).

Em relação a resposta do sujeito K9 na quarta questão, afirmou: “Lembro que mudou de cor, mas não sei se é ácido ou base”. 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. Sobre esse entrave Bachelard (1996, p. 48-49) pontua:

Nas classes do curso elementar, o pirotesco e as imagens causam desastres desse tipo. Basta que uma experiência seja feita com um aparelho esquisito, e sobretudo que ela provenha, sob denominação diferente, das longínquas origens da ciência, como por exemplo a harmônica química, para que os alunos prestem atenção: apenas deixar de olhar os fenômenos essenciais. Os alunos ouvem os ruídos da chama, mas não vêem as estrias. Se houver algum incidente - vitória do inédito - o interesse chega ao auge.

O epistemólogo francês alerta para os riscos de práticas pedagógicas centradas unicamente nos aspectos visuais dos experimentos, que podem desviar a atenção dos estudantes dos fenômenos científicos relevantes. Isso se relaciona à fala do sujeito K9, que, embora tenha talvez memorizado o experimento, não compreendeu os conceitos químicos envolvidos, caracterizando o obstáculo da experiência primeira.

A experimentação, diferentemente da mera observação, implica na criação ativa do objeto analisado utilizando dispositivos, metodologias e hipóteses, trata-se de um processo orientado por teorias, não apenas pela aparência imediata dos fenômenos. Nesse contexto, Bohtems (2017) destaca um aviso sobre o empirismo ingênuo: ao se limitar ao que é visível, existe o perigo de aceitar explicações ilusórias ou superficiais como verdadeiras. Para superar essa barreira, é necessário desenvolver um olhar científico que converta a percepção comum em uma visão crítica.

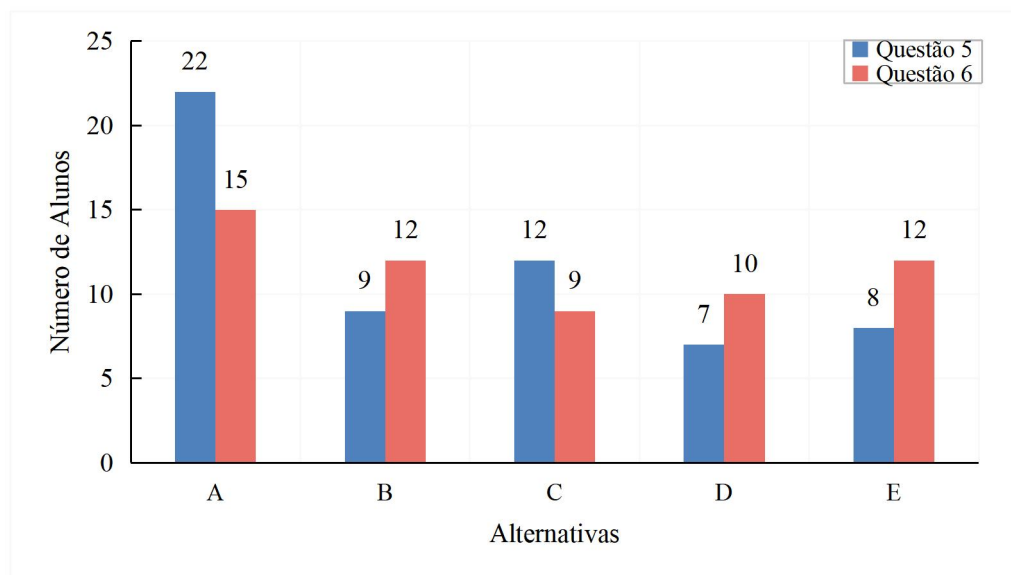
O sujeito que é movido pelo novo espírito científico, há um desejo em aprender, descobrir novos acontecimentos, curiosidades, estudos, para, imediatamente, ter um melhor embasamento para questionar e se aprofundar no assunto em questão, não se limitando a

apenas uma área do saber (Bulcão, 2009). 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 (Silveira; Nunes, 2024).

É fundamental que, ao serem questionados sobre os eventos observados durante uma experimentação, os estudantes sejam capazes de explicá-los com base em conceitos científicos, compreendendo os fenômenos para além da mera expressão de espanto ou admiração diante dos resultados. Torna-se imprescindível promover a articulação entre os aspectos macroscópicos e microscópicos, favorecendo a compreensão dos conteúdos. Recomenda-se que, ao término das atividades, sejam desenvolvidas propostas que estimulem a análise crítica do que foi vivenciado (Filgueiras; Vasconcelos; Silveira, 2023; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

A seguir, apresenta-se o Gráfico 2, referente às questões 5 (ENEM 2011) e 6 (ENEM 2021), que indica a quantidade de sujeitos que optaram por cada item de resposta. As temáticas abordadas correspondem, respectivamente, à chuva ácida e ao pH. Ressalta-se que, para essas escolhas, não foram registradas justificativas pelos estudantes.

Gráfico 2. Respostas das questões 5 e 6



Fonte: Elaboração própria (2025).

Essas duas questões objetivas evidenciam tanto potencialidades quanto lacunas que demandam intervenções. Na quinta questão, que aborda o tema chuva ácida, a maioria assinalaram corretamente a alternativa A. O dado é positivo, pois sugere que possuem uma compreensão básica sobre os impactos ambientais, seus processos de transformação

atmosférica e a consequente formação de precipitação ácida. Segundo Silva (2019), o domínio de tópicos como esse é essencial para a formação de uma consciência ambiental crítica, que relacione ciência, tecnologia e sociedade.

Por outro lado, a sexta questão, que trata do tema pH, apresentou um resultado preocupante. A alternativa correta, E, foi marcada por apenas 12 estudantes, demonstrando que a maioria não compreende adequadamente os conceitos fundamentais que regem o comportamento ácido-base. Considerando a relevância do conceito de pH na compreensão de diversos fenômenos cotidianos e laboratoriais, essa dificuldade pode indicar uma defasagem conceitual significativa.

Como aponta Mortimer (1996), muitos estudantes chegam ao Ensino Médio com ideias pré-científicas enraizadas, especialmente em temas como reações químicas, soluções e propriedades das substâncias. A compreensão equivocada de pH pode estar associada à ausência de abordagens contextualizadas, ou à predominância de práticas pedagógicas que priorizam a memorização em detrimento da compreensão conceitual.

A próxima seção detalha sobre as respostas do questionário baseado na escala Likert.

9.1.1 Etapa 1: Identificação dos saberes e obstáculos - escala Likert

Conforme discutido, a escala Likert foi dividida em 4 categorias de análise referentes aos seguintes conteúdos: aspectos gerais da chuva ácida, pH, óxidos e ácidos e bases, cada qual com, respectivamente, 3, 2, 2 e 5 declarações.

O propósito foi extrair dos estudantes possíveis conceitos que talvez não tenham sido externados no pré-teste e também para obter mais elementos de discussão que embasem a pesquisa. Além disso, buscou-se promover o desenvolvimento do senso crítico deles, especialmente no que se refere às declarações sobre conteúdos químicos, incentivando-os a expressar seu pensamento de maneira autônoma, de acordo com suas lembranças, possibilitando a identificação e análise crítica dos saberes já construídos, estando certos ou não.

O Quadro 11 apresenta as declarações, acompanhadas da respectiva veracidade e das reformulações para aquelas classificadas como inválidas (falsas).

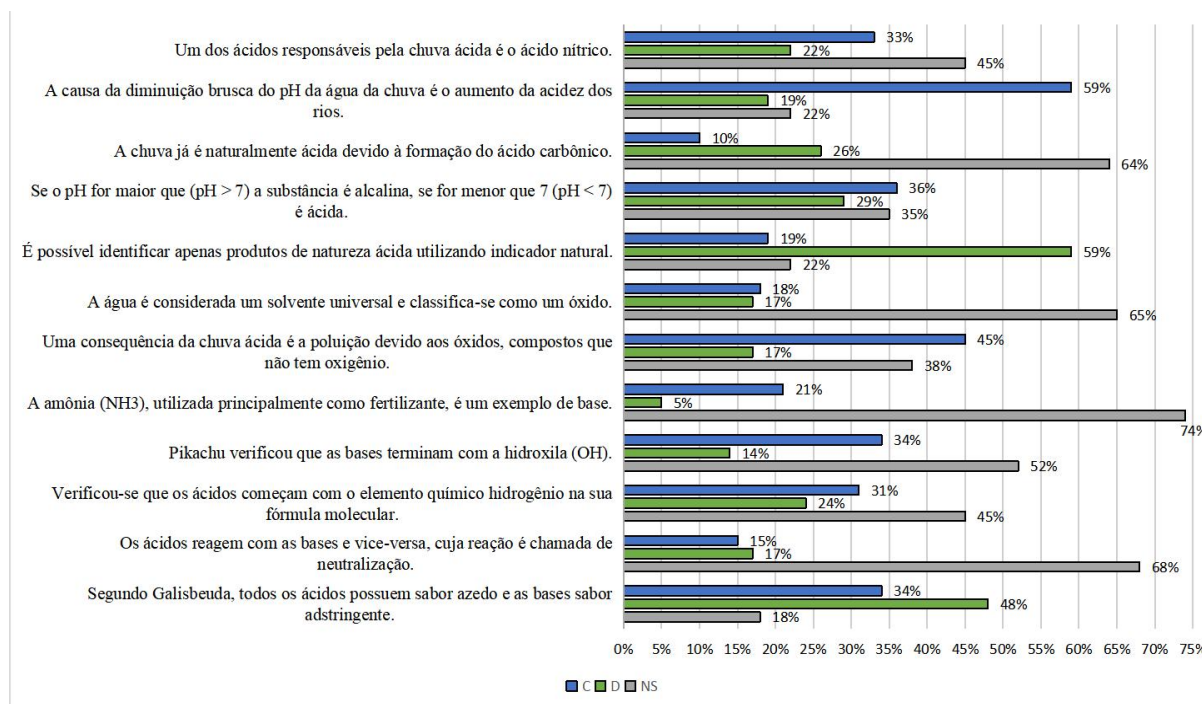
Quadro 11. Veracidade das declarações

Declaração	Veracidade	Declaração correta
1) Um dos ácidos responsáveis pela chuva ácida é o ácido nítrico.	Válida	_____
2) A causa da diminuição brusca do pH da água da chuva é o aumento da acidez dos rios.	Inválida	A consequência da diminuição brusca do pH da água da chuva é o aumento da acidez dos rios.
3) A chuva já é naturalmente ácida devido à formação do ácido carbônico.	Válida	_____
4) Se o pH for maior que ($\text{pH} > 7$) a substância é alcalina, se for menor que 7 ($\text{pH} < 7$) é ácida.	Válida	_____
5) É possível identificar apenas produtos de natureza ácida utilizando indicador natural.	Inválida	É possível identificar produtos de natureza ácida utilizando indicador natural.
6) A água é considerada um solvente universal e classifica-se como um óxido.	Válida	_____
7) Uma consequência da chuva ácida é a poluição devido aos óxidos, compostos que não tem oxigênio.	Inválida	A causa da chuva ácida é a poluição devido aos óxidos, compostos que tem oxigênio.
8) A amônia (NH_3), utilizada principalmente como fertilizante, é um exemplo de base.	Válida	_____
9) Pikachu verificou que as bases terminam com a hidroxila (OH) .	Inválida	Pikachu verificou que, embora muitas bases contêmham a hidroxila (OH), nem todas apresentam ela.
10) Verificou-se que os ácidos começam com o elemento químico hidrogênio na sua fórmula molecular.	Inválida	Verificou-se que os ácidos possuem o hidrogênio no início de sua fórmula molecular, mas não se aplica a todos.
11) Os ácidos reagem com as bases e vice-versa, cuja reação é chamada de neutralização.	Válida	_____
12) Segundo Galisbeuda, todos os ácidos possuem sabor azedo e as bases sabor adstringente.	Inválida	Segundo Galisbeuda, nem todos os ácidos possuem sabor azedo e nem todas as bases sabor adstringente.

Fonte: Elaboração própria (2025).

O Gráfico 3, a seguir, apresenta as declarações apresentadas na escala com a respectiva porcentagem das escolhas dos estudantes referentes à “concordo - C”, “discordo - D” e “não sei opinar - NS”.

Gráfico 3. Respostas da escala Likert



Fonte: Elaboração própria (2025).

No que se refere à primeira declaração da categoria chuva ácida, a maioria, correspondente a 45%, declarou não saber opinar. Ressalta-se o sujeito K47 que concordou, justificando: “Concordo já estudei isso e pelo que me lembro é o ácido nítrico e sulfúrico.” Tal resposta evidencia um conhecimento específico acerca dos ácidos. O fato da maioria não saber responder reforça a necessidade de se abordar, de forma mais aprofundada, os nomes, fórmulas, características e aplicações dos ácidos envolvidos nesse processo, de modo a promover uma compreensão significativa.

Quanto à segunda declaração, a maioria, representada por 59%, concordaram, sendo destaque o sujeito K55: “Ela deve matar os peixes e até machucar a pele de pessoas sensíveis.” Embora a chuva ácida possa alterar o pH de ambientes aquáticos e, em determinadas concentrações, provocar irritações cutâneas em indivíduos mais sensíveis, é fundamental esclarecer que tais efeitos não constituem a causa do fenômeno, mas sim suas consequências. Dessa forma, incorreram em um equívoco conceitual. Torna-se, portanto, essencial reforçar a distinção entre causa e consequência.

As mudanças climáticas, assunto vinculado ao meio ambiente, contemplado pela EA, é ensinado de maneira parcimônia, muitas vezes de forma multidisciplinar, ou seja, sem conexão com outras disciplinas, isso acarreta baixa reflexão e criticidade no fazer pedagógico. Esse tema deve ser trabalhado em sala de aula para que o estudante perceba a ação

devastadora dos problemas ambientais na sociedade o que pode promover no presente e/ou futuro o surgimento de ações mitigativas (Silva, 2019).

Nesse sentido, torna-se evidente a importância de integrar de forma mais efetiva a dimensão ambiental, sobretudo no que diz respeito à formação de cidadãos críticos. No entanto, observa-se que esse tema ainda se apresenta de forma incipiente nos currículos da Educação Superior. Diante disso, é necessário que a formação docente, tanto inicial quanto continuada, inclua discussões mais aprofundadas sobre questões ambientais, contribuindo para a formação de sujeitos comprometidos com a sustentabilidade (Adams *et al.*, 2019; Silveira; Vasconcelos; Sampaio, 2022).

Um exemplo de atividade, por exemplo, seria o uso da Aprendizagem Baseada em Projetos dentro da EA ajudando na apreensão dos saberes através de um ensino prático-reflexivo. Essa estratégia não só torna mais acessível a assimilação de temas intrincados, como também favorece a capacitação de professores engajados com a sustentabilidade, que podem compartilhar práticas conscientes em suas comunidades. Dessa forma, o estudo enfatiza a relevância de métodos inovadores na Educação Superior, conectados aos desafios atuais da EA (Nepomuceno; Vasconcelos; Lopes, 2024).

Conforme Adams *et al.* (2019) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a) a disciplina de Química, com inúmeros saberes importantes para a vida, deve ser usada para debates críticos sobre as questões da humanidade, processo de formação de opiniões e tomadas de atitudes, a fim que haja maior participação na sociedade e que faça sentido para os estudantes, fato esse, conforme discutido, sugerido pela BNCC (Brasil, 2018).

Por fim, na terceira declaração da primeira categoria, a maioria marcou que não soube opinar, correspondente a 64%. Contudo, o sujeito K13 respondeu corretamente ao afirmar: “porque quando chove acontece um fenômeno chamado chuva ácida pois forma justamente o ácido carbônico”. Percebe-se a existência de saberes prévios corretos sobre o tema. Já o sujeito K29 discordou e disse: “se a chuva fosse natural ácida não tinha vegetação que teria frutas.” Aqui infere-se a associação de ácido a algo que destrói, pois afirma que se a chuva fosse de fato, ácida, não existiria árvores frutíferas. Seu pensamento é de cunho geral, inadequado, obstáculo geral.

Destarte, Bachelard (1996, p. 69) pontua:

Vamos procurar mostrar que a ciência do geral sempre é uma suspensão da experiência, um fracasso do empirismo inventivo. [...] Há de fato um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil. A psicanálise do conhecimento objetivo deve examinar com cuidado todas as seduições da facilidade. Só com essa

condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica.

A generalização inadequada dificulta a aplicação de conceitos gerais a situações específicas, limitando a compreensão dos estudantes. Adicionalmente, Odetti (2019, p. 157) afirma que “ao generalizar o estudante resolve a situação com uma explicação simples que aplica a toda uma definição, de uma forma resumida e concreta.” A experimentação e a contextualização, como a análise do impacto dos ácidos no cotidiano, podem auxiliar na minimização desse obstáculo (Silveira; Oliveira; Nunes, 2025b).

Na segunda categoria, referente ao pH, nas declarações 4 e 5, observa-se um elevado número de acertos, 36% na quarta pois concordaram e 59% na quinta pois discordaram. Destaca-se a fala do sujeito K25 que afirmou na quarta: “Na prática do ano passado usamos um repolho roxo e foi dado o pH e aqueles menores que 7 eram ácidos e as bases seriam maiores.”

Já em relação à quinta, explanou: “não posso dizer que todos podem ser comidos, um exemplo é o ácido clorídrico presente na barriga.” O sujeito K51 citou novamente acerca do ácido de bateria, colocado na quarta questão do pré-teste, alegando que não pode ser consumido. O participante K15 seguiu a mesma linha de raciocínio ao discordar da quinta declaração, referindo-se ao ácido clorídrico citado.

Essas respostas evidenciam que os estudantes participaram de uma atividade prática utilizando o indicador natural repolho roxo, a qual teve papel fundamental no reconhecimento dos conceitos relacionados ao pH, contribuindo para o alto número de acertos. Entretanto, um percentual significativo, 35%, afirmou não saber responder à quarta declaração.

Essa dificuldade foi explicitada na fala do sujeito K58: “lembro da prática e é ao contrário”, o que aponta para confusões conceituais ainda não superadas. A atividade prática proposta na SD, com o uso do simulador PhET, poderá atuar como recurso complementar relevante, auxiliando na fixação dos conteúdos e na superação das dúvidas remanescentes.

Ainda dentro da mesma categoria, retomando a questão 6 do pré-teste (Gráfico 2), reforça a necessidade de intervenções pedagógicas mais sistematizadas. Embora os estudantes tenham demonstrado familiaridade com a temática em situações práticas, observou-se que uma parcela significativa ainda não compreende os fundamentos teóricos do comportamento ácido-base. Essa disparidade entre prática e teoria pode indicar uma dificuldade, exigindo, portanto, estratégias que articulem vivências experimentais ao desenvolvimento de raciocínios abstratos, essenciais à consolidação do conhecimento científico.

O erro pode ser compreendido como um ponto de partida para a aprendizagem, funcionando como um indicativo de que há uma lógica subjacente que precisa ser compreendida e analisada. Tal abordagem ganha relevância sobretudo quando o foco recai sobre os processos envolvidos, e não apenas sobre os resultados. Isso porque a obtenção de uma resposta correta não garante, por si só, a eficácia do processo, uma vez que o caminho percorrido até essa resposta frequentemente permanece desconhecido. O erro, portanto, constitui um componente essencial na construção do saber (Sastre Vázquez; Cañibano; D'Andréa, 2015; Odetti, 2019).

Ao contrário da discussão anterior, na penúltima categoria, óxidos, nas declarações 6 e 7, 65% e 38% não souberam opinar, respectivamente. Esses dados evidenciam a necessidade de se explorar, de forma mais enfática e objetiva nas aulas os critérios de definição e identificação dos óxidos, com ênfase na composição química e nas funções que exercem. A fala do sujeito K19, ao afirmar na declaração 7 que “a poluição causa muitos problemas como consequência da chuva”, revela novamente uma compreensão imprecisa entre os conceitos de causa e consequência, um equívoco recorrente nas respostas.

Esses erros iniciais não apenas são aceitáveis, mas também necessários, pois o verdadeiro espírito científico se desenvolve ao se superar as falhas e ilusões que permeiam o pensamento habitual. Dessa forma, o estudo das ciências demanda uma ruptura com as concepções anteriores e uma constante reconstrução do saber (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

De acordo com Bohtems (2017, p. 46):

O obstáculo epistemológico é então solidário da dinâmica do espírito científico, tanto do ponto de vista epistemológico quanto do ponto de vista pedagógico: o erro vem sempre primeiro. A formação do espírito científico trata as imagens como obstáculos, como um avesso do conhecimento; ele elabora uma teratologia do espírito científico, um recenseamento das monstruosidades do raciocínio científico.

Retoma-se a uma ideia central da epistemologia de Bachelard: o erro precede o conhecimento e constitui uma etapa inevitável no desenvolvimento do espírito científico. O obstáculo epistemológico, longe de ser um simples desvio, está intimamente ligado à dinâmica interna do próprio processo de conhecer. O professor deve considerar que o erro não é um fracasso, mas um ponto de partida para a aprendizagem (Odetti, 2019).

Ademais, observa-se a necessidade de retomar o aspecto fundamental da presença do átomo de oxigênio na constituição dos óxidos, reforçado pela fala do Coelho (2015, p. 105): “Os elementos do grupo do carbono podem formar uma variedade grande de compostos com

o oxigênio, desde óxidos, oxianions e oxihaleto.” Isso reforça a importância de um aprofundamento conceitual sobre os óxidos.

Na última categoria, ácidos e bases, na declaração 8 que falava sobre a amônia, 74% marcaram que não souberam opinar. Já na declaração 9, merece destaque o sujeito K55 que diz: “Verdade elas tem o OH”, evidenciando o reconhecimento do grupo hidroxila (OH), porém não está de acordo com a definição de Arrhenius, pois na declaração 8 marcou que discordava e que a amônia não era base pois não tinha a hidroxila.

Na declaração 10, merece destaque o sujeito K8 que afirma: “Os ácidos realmente tem o H”, praticamente a mesma resposta do pré-teste. Essa fala indica familiaridade com a estrutura molecular de alguns ácidos. Há, no entanto, uma análise indevida ao afirmar que todos os ácidos possuem o hidrogênio, o que denota um entendimento baseado em exemplos específicos, sem a devida abstração conceitual, configurando no obstáculo substancialista. Na declaração 11, 68% também não souberam opinar sobre o que seria uma reação de neutralização.

Um outro exemplo do obstáculo substancialista no estudo de Odetti (2019, p. 162) diz respeito a oxidação, que é o seguinte: “por que se oxidam os metais? Porque estão expostos ao ar. Quando na realidade o processo de corrosão das substâncias é um fenômeno complexo em que se produz uma reação a nível molecular entre o Oxigênio e o metal em presença de umidade ambiente (Teoria da Óxido-Redução).” Em suma, a união da substância com suas qualidades, culminou numa explicação simples mediante à um assunto complexo. Logo, faz-se necessário um maior aprofundamento.

Concluindo, na declaração 12, o sujeito K34 assinalou “discordo” e apresentou a seguinte justificativa: “porque alguns ácidos são impossíveis de ingerir e as bases são capazes também de ingerir de maneira impossível.” A resposta revela a presença de saberes prévios sobre o tema, ainda com limitações. Ressalta-se, ainda, que 18% não souberam opinar. Já o sujeito K18 declarou que “concorda”, afirmando: “gosto muito de suco de limão e tem outros ácidos que posso tomar sendo todos e não sei onde existem bases e que sabor é esse.”

As respostas dos sujeitos K34 e K18 evidenciam a presença de saberes prévios, embora permeadas por equívocos conceituais. A justificativa do sujeito K34 expressa uma noção inicial dos riscos associados a certas substâncias químicas, porém com linguagem ambígua e generalizações imprecisas. Já o sujeito K18, apesar de associar corretamente o ácido cítrico do limão ao sabor ácido, incorre em erros ao generalizar a ingestão de todos os ácidos como segura. Além disso, demonstra desconhecimento sobre a presença e as propriedades das bases no cotidiano, incluindo a não familiaridade com o termo

“adstringente”, utilizado para descrever o sabor que amarga a boca, como indica ao afirmar: “não sei que sabor é esse”.

À luz da escala proposta inicialmente por Vázquez *et al.* (2008) no pré-teste, essas últimas manifestações podem ser classificadas como plausíveis, por apresentarem elementos próximos ao conhecimento científico, ainda que misturados a informações inadequadas. Tais respostas indicam abertura para a aprendizagem, sendo fundamentais como ponto de partida para intervenções pedagógicas que promovam uma reconstrução conceitual.

À guisa de conclusão, Bohtems (2017, p. 45) assevera que “os obstáculos epistemológicos têm uma estrutura folheada: epistemologicamente, são imagens pregnantas que parasitam e bloqueiam o pensamento, e psicologicamente são complexos que explicam a supervalorização dessas imagens.” A dimensão epistemológica refere-se à presença de imagens mentais enraizadas, que, por sua força simbólica e pregnância, impedem o avanço do pensamento racional e científico. Tais imagens, como as ideias intuitivas ou naturalizadas sobre fenômenos, tornam-se entraves justamente por sua capacidade de se impor ao sujeito como explicações satisfatórias, ainda que estejam em desacordo com o saber científico.

Essa concepção está diretamente vinculada à epistemologia de Bachelard (1996), que compreende o conhecimento científico não como um processo linear de acumulação, mas como uma ruptura contínua com saberes anteriores, muitas vezes enraizados no senso comum ou na experiência cotidiana.

Segundo Astolfi (1999, p. 158-159): “El obstáculo corresponde, al contrario, a un funcionamiento económico del cerebro que pone en juego un sistema de explicación rústico y sencillo, por cierto, pero inmediatamente disponible y "cómodo" para el sujeto.” Isso reforça a ideia de que os OE se sustentam justamente por parecerem soluções fáceis ao pensamento, o que os torna persistentes e até difíceis de superar sem uma intervenção pedagógica bem planejada que instigue ao saber crítico e reflexivo.

Superar essas barreiras requer esforço, uma vez que o ser humano é naturalmente atraído pelos fenômenos mais interessantes. Não é surpreendente, portanto, que o primeiro conhecimento objetivo seja frequentemente equivocado. Apegar-se à primeira impressão é uma característica comum, uma tendência a ficar preso às experiências concretas e empíricas. Para superar esse obstáculo, o professor em sala deve ir além da simples beleza do experimento, levando os estudantes a compreender a teoria por trás dele. Ao transcender o aspecto visual, é possível construir uma ciência sólida, racional e reflexiva (Bachelard, 1996).

Estudos como o de Moreira (2021) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a), por exemplo, reforçam que os conhecimentos prévios dos estudantes são fundamentais no

processo de uma ASC. Moreira (2010a), Silveira e Vasconcelos (2023) e Silveira, Vasconcelos e Sampaio (2019) destacam que, para que a aprendizagem seja de fato significativa, é necessário que o novo conteúdo possa se ancorar em subsunçores relevantes já presentes na estrutura cognitiva do estudante, exigindo do professor ações didáticas intencionais e estruturadas.

Nesse mesmo sentido, segundo a BNCC (Brasil, 2018), argumenta que o ensino deve ir além da mera transmissão de conteúdos e envolver os estudantes em práticas que desenvolvam sua capacidade crítica e reflexiva. Já Astolfi (1994) e Odetti (2019) destacam que os erros e concepções alternativas não devem ser vistos como obstáculos, mas como pontos de partida para a construção do conhecimento, desde que devidamente trabalhados em sala de aula.

Dessa forma, torna-se patente a relevância de integrar os conteúdos da Química a contextos do cotidiano, promovendo o letramento científico e o aprimoramento de competências que capacitem os estudantes a interpretar criticamente os fenômenos que os envolvem. Essa abordagem favorece a construção de significados mais profundos e alinhados com o conhecimento científico formal (Filgueiras; Vasconcelos; Silveira, 2023; Melo; Santos; Araújo, 2021; Passos; Vasconcelos, 2024).

A partir disso, torna-se possível desenvolver estratégias didáticas que valorizem essas compreensões parciais como ponto de partida para a ampliação conceitual, promovendo discussões que questionem as afirmações dos sujeitos apresentadas e introduzam a diversidade de comportamentos das substâncias químicas. Cabe ao professor, nesse contexto, atuar como mediador desse processo, encorajando a análise crítica das ideias iniciais e promovendo a reconstrução do conhecimento com base em situações contextualizadas (Pimenta; Anastasiou, 2014, Francisco; Silva; Wartha, 2022).

Estudos complementares reforçam a prevalência dos OE, como o trabalho de Reis e Kiouranis (2013) que 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.

No trabalho de Araújo (2019), Jordão *et al.* (2024) e Páscui e Autarugio (2020), por exemplo, foram encontrados OE através da aplicação de questionários nas respostas dos sujeitos cognoscentes. Retoma-se que Astolfi (1994) propõe justamente essa identificação inicial para nortear o desenvolvimento das atividades em prol da superação desses óbices.

O estudante chega munido de um conjunto de experiências advindas de sua vivência cotidiana ou dos anos anteriores na escola, ou seja, já carrega consigo determinados conhecimentos previamente estruturados. Diante disso, Bachelard (1996) argumenta que a superação dos OE pressupõe uma psicanálise do erro inicial, ou seja, dos equívocos epistemológicos, entendidos como convicções que os estudantes possuem a respeito de determinados conteúdos, assim como das novas convicções que emergem no decorrer do processo de aprendizagem. Para o filósofo, não há verdade sem a retificação do erro; isto é, o processo de correção constitui a essência mesma da construção do conhecimento científico (Odetti, 2019).

Assim, Bachelard não propõe a eliminação do erro, mas, sim, a sua conscientização. É nessa tomada de consciência que se revela o verdadeiro objetivo. O erro, portanto, deixa de ser compreendido como uma falha aleatória ou como sinal de ignorância, conforme propõe a pedagogia tradicional, para se tornar uma etapa fundamental no processo de aprendizagem. Ademais, essa análise condiz com um dos princípios da TASC, aprendizagem pelo erro, consoante o estudo de Moreira (Bachelard, 1996; Moreira, 2010a; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

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 é essencial para o avanço do conhecimento científico, desde que seja utilizado como um ponto de partida para reflexões e reordenações conceituais. Conforme o autor (1996, p. 68):

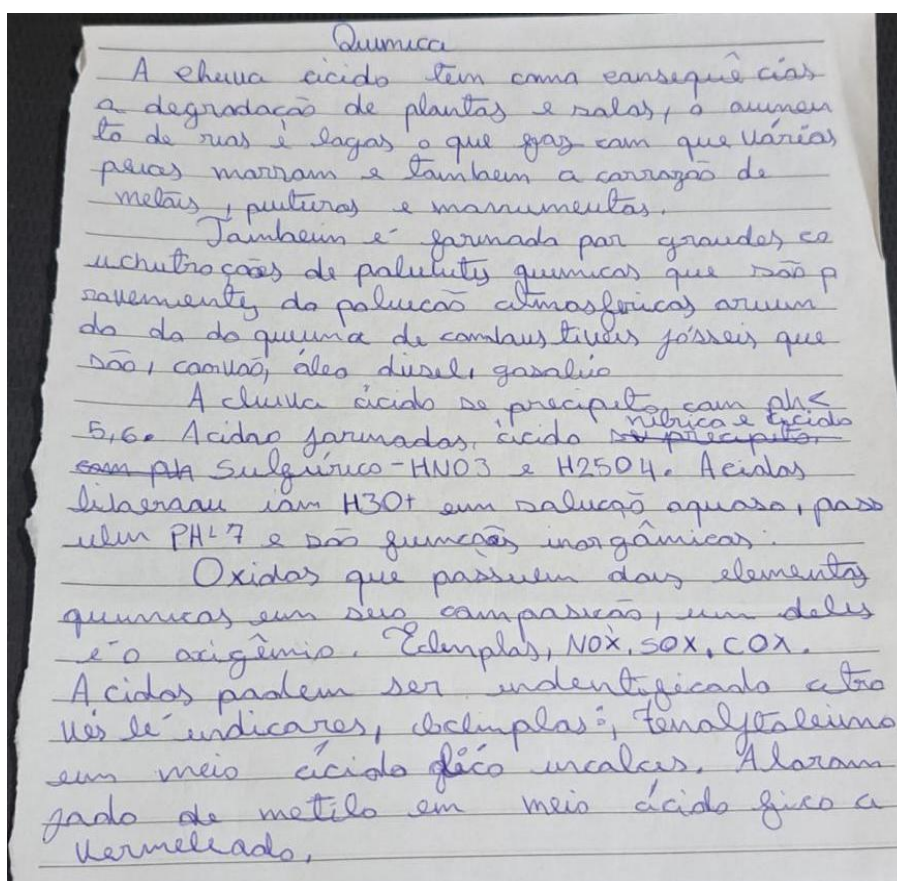
Assim na classe de química moderna como na oficina do alquimista, o aluno e o aprendiz não se apresentam de início como puros espíritos. A própria matéria não é para eles uma razão suficiente de calma objetividade. Ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todos os seus desejos, com todas as suas paixões, com toda a alma. Não é pois de admirar que o primeiro objetivo seja um primeiro erro.

A aprendizagem não se inicia de maneira neutra ou unicamente lógica. Tanto os estudantes quanto os antigos alquimistas abordam os fenômenos com imaginação e anseios, o que afeta diretamente a forma como percebem a realidade. A matéria científica, em vez de ser

entendida desde o início de maneira objetiva, é percebida como algo carregado de significados subjetivos. Por essa razão, o primeiro contato com o conhecimento é inevitavelmente marcado por erros (Bachelard, 1996). Ademais, Odetti (2019, p. 155-156) coloca “para superar tais obstáculos se precisam de situações didáticas planejadas, para fazer os alunos cientes da necessidade de mudar suas concepções, e ajudá-los a consegui-lo”.

Em relação à produção dos textos através do uso do mapa, os estudantes ficaram à vontade para formar suas equipes. Cada um recebeu um mapa para facilitar a visualização e as discussões. Como a resolução dos questionários foi individual, para não ser cansativo e provocar o compartilhamento de saberes, realizaram em grupos para dinamizar o processo. Os textos foram bem parecidos pois replicaram os conceitos presentes no mapa. A seguir, Figura 12, a apresentação do texto 5 elaborado pela equipe K1, K12 e K28.

Figura 12. Elaboração do texto inicial número 5



Fonte: Acervo próprio (2025).

Geralmente, os estudantes iam formulando as frases seguindo as setas e outro ia escrevendo. Em alguns momentos, havia intervenção para que todos pudessem ajudar na produção, mas sem interferência direta na questão da colocação dos conceitos, onde apenas

havia ajuda no processo de leitura do mapa haja vista nunca terem feito uma atividade com o uso desse recurso. A discussão final com o uso do IRaMuTeQ será com todos os textos: os iniciais e os finais. A próxima seção explana sobre as etapas 2 e 3.

9.2 Etapas 2 e 3: Explicação do assunto e uso do *software* PhET

Nas etapas 2 e 3, compostas por 2 aulas de 50 minutos cada, houve a aplicação das aulas expositivas e dialogadas nas turmas para a explicação do assunto. Inicialmente, na etapa 2, foi entregue aos estudantes a HQ intitulada “Ademar e Geovana em Cozinha Gelada” (Apêndice C), extraída do trabalho de Ramos *et al.* (2022), com o objetivo de introduzir os conteúdos sobre ácidos, bases e neutralização. Trata-se de um texto breve, com linguagem de fácil compreensão, o que facilitou o engajamento com o tema.

No texto, uma fala da personagem Geovana menciona que as bases possuem sabor ruim. Esse trecho despertou a lembrança, por parte de um estudante, do termo “adstringente”, mesmo não pronunciando da forma correta, para se referenciar a esse sabor. A associação com o sabão como exemplo de substância com gosto ruim impulsionou uma discussão pois não pode ser consumido, daí passaram a refletir sobre os riscos do contato com substâncias básicas e suas aplicações.

Posteriormente, aconteceu a leitura coletiva do texto gerador do Quadro 5, extraído do trabalho de Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a), projetado na lousa. As perguntas reflexivas no decorrer do texto, a começar pelo título: “*Entendendo a chuva ácida: será que mata?*” e as últimas frases: “*qual a importância de evitar essa problemática? O que o governo poderia fazer para ajudar a minimizar ou findar essa problemática? É possível?*”, induzem à reflexão e até mesmo aos saberes prévios. Retoma-se ao estudo do Odetti (2019) que afirma a importância da aplicação de perguntas, como no título, para ajudar no processo de aquisição do saber.

Houve o uso de slides para explorar as temáticas trabalhadas facilitando a visualização dos fenômenos apresentados nos textos, trazendo também exemplos do cotidiano colocados pelos sujeitos nos questionários, como refrigerante, ácido de bateria, frutas cítricas, ácidos bastante tóxicos como o cianídrido, sabão, banana e leite de magnésia.

Uma música do youtube também foi apresentada no final das aulas para ajudar na compreensão, disponível no seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=JWimjZpCq8>. Perguntas foram feitas após o vídeo para incitar reflexões, como por exemplo: “Todos os

ácidos têm sabor azedo?” e “O que seria um sabor adstringente?”. Nesta aula também houve discussão sobre os óxidos.

Na etapa 3, composta por 2 aulas de 50 minutos cada, os estudantes foram ao laboratório de informática para a aplicação do PhET. A aplicação das tecnologias tem influenciado de maneira significativa o processo educativo, proporcionando novas oportunidades para práticas de ensino mais envolventes, interativas e integradas (Leite, 2023; Melo; Leite, 2025). A BNCC e a LDB, instrumentos guias da educação no Brasil, ressaltam a relevância de incorporar isso no ambiente escolar, visando assegurar que os estudantes adquiram habilidades fundamentais para os dias atuais (Brasil, 1996, 2018).

A BNCC estabelece a importância de desenvolver competências que incluam o uso consciente e responsável das tecnologias digitais. Essa diretriz ultrapassa o mero acesso a aparelhos, promovendo a formação de indivíduos capazes de avaliar, criar e divulgar informações de maneira ética e colaborativa. Ao integrar as TDIC ao currículo, os educadores têm a oportunidade de aprimorar suas abordagens pedagógicas, facilitando o processo de ensino, e envolver os estudantes em experiências de aprendizagem mais relevantes e contextualizadas (Afonso; Silva; Bedin, 2024; Leite, 2023).

Conforme destacam Afonso, Silva e Bedin (2024), as TDIC configuram-se como importantes aliadas do professor na mobilização de diferentes dimensões do conhecimento: atitudinal, conceitual e procedimental, uma vez que sua integração ao processo pedagógico favorece o desenvolvimento de uma postura científica. Isso remete ao estudo do Zabala (1998) no que diz respeito à aplicação dos conteúdos em sala de aula, no qual há as dimensões: factual, conceitual e atitudinal, que podem estar presentes conforme discutido nas sequências didáticas. Logo, atividades que contemplam esses recursos são de suma importância no âmbito escolar.

Exemplificando, no estudo de Sagica *et al.* (2024), foi avaliado o uso do aplicativo KingDraw como recurso didático digital no ensino de isomeria no Ensino Médio. A análise baseou-se em dados coletados por meio de um formulário com três seções: diagnóstico do uso prévio de tecnologias, avaliação da eficácia do aplicativo por escala Likert e relatos dissertativos sobre a experiência de aprendizagem. Os resultados revelaram que a maioria dos estudantes não tinha familiaridade com o uso de recursos digitais, mas reconheceram o potencial do KingDraw para facilitar a compreensão, recomendando seu uso.

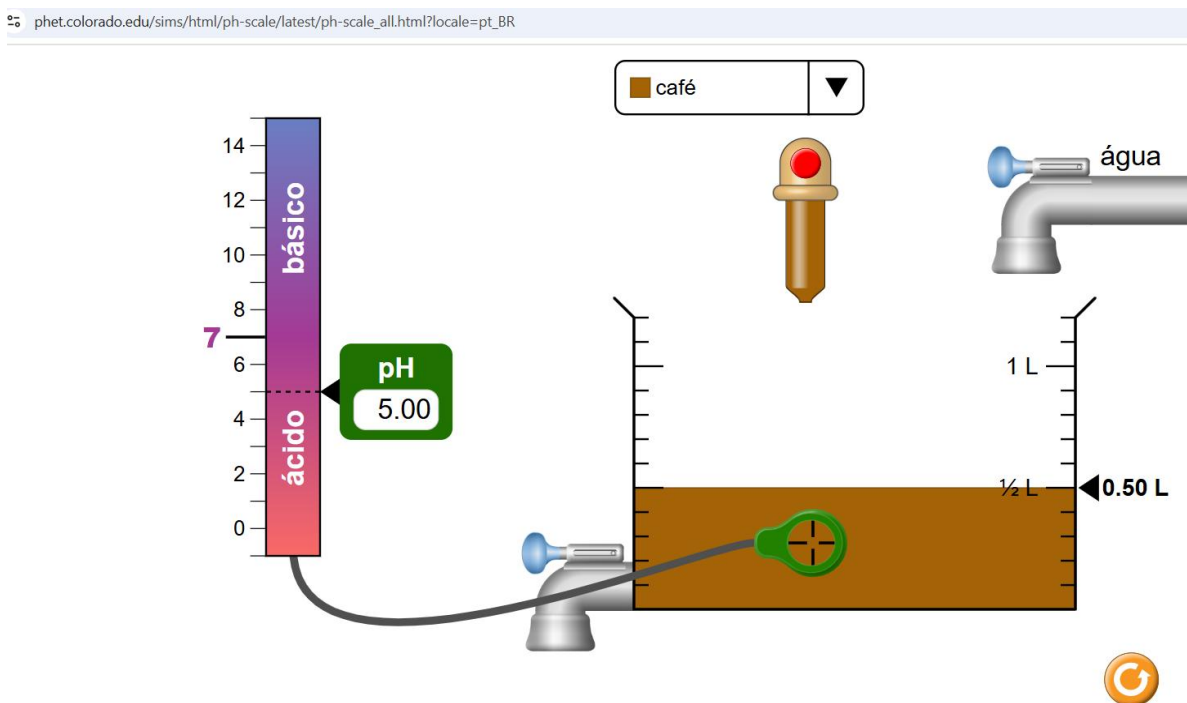
No estudo desenvolvido por Melo e Araújo (2025), os autores investigam as percepções de estudantes no ensino médio sobre o uso da realidade aumentada como recurso digital no ensino de Química. Os resultados indicam que esse recurso, ao integrar elementos

virtuais ao ambiente real, potencializa a visualização de conceitos abstratos como átomos, moléculas e estruturas químicas, promovendo um aprendizado mais dinâmico e significativo.

Ademais, no trabalho de Oliveira, Rossi e Alves (2020) apresenta os resultados de uma intervenção pedagógica baseada no ensino híbrido, junção de atividades presenciais e virtuais, utilizando um blog como recurso didático digital para o ensino de ácidos e bases de Arrhenius com estudantes do ensino médio. Os dados indicaram interesse pela proposta e melhoria na aprendizagem, superando lacunas do assunto evidenciadas.

Abaixo segue a Figura 13 da atividade extraída do *software* PhET que foi utilizada:

Figura 13. Atividade realizada no PhET



Fonte: Extraído do site (2025).

A simulação intitulada "Escala de pH: Básico" proporciona aos estudantes a oportunidade de investigar os princípios básicos do pH das substâncias, favorecendo uma apreensão visual e prática. A atividade apresenta a escala numérica de pH que varia de 0 a 14, permitindo identificar se uma substância é ácida ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$) ou básica ($\text{pH} > 7$). O PhET traz substâncias do dia a dia que, a priori, não podem ser utilizadas no laboratório ou são de difícil acesso, como o uso do sangue, canja e cuspe.

Também mostra como o pH está relacionado com a concentração de íons hidrogênio (H^+) e hidroxila (OH^-) em solução, apresentando a relação inversa entre pH e a concentração

de H^+ , quanto menor o pH, maior a acidez, ou seja, maior a concentração de íons H^+ , trabalhando também a questão da força de ácidos e bases.

Os estudantes acessaram a atividade de simulação intitulada ácidos e bases no laboratório de informática e deveriam preencher o Quadro 6. Na Figura 14 há a atividade sendo realizada por um trio de estudantes.

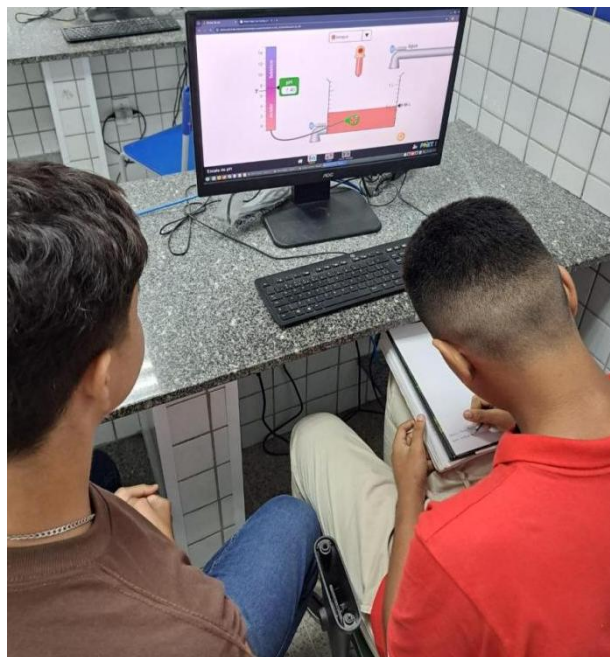
Figura 14. Resolução da atividade por um trio



Fonte: Acervo próprio (2025).

Na Figura 15 há a atividade sendo realizada por uma dupla.

Figura 15. Resolução da atividade por uma dupla



Fonte: Acervo próprio (2025).

Na Figura 16 há o papel resolvido por uma equipe:

Figura 16. Resolução da atividade no papel

Substâncias	pH	Valor do pH com 1 litro de água	Ácido ou alcalina?
Sangue	7,4	7,14	ALCALINA
Café	5	5,56	ÁCIDO
Cuspe	7,4	7,13	ALCALINA
Refrigerante	2,5	3,19	ÁCIDO
Leite	6,5	6,84	ÁCIDO
Canja	5,8	6,43	ÁCIDO

Fonte: Acervo próprio (2025).

Todas as equipes responderam corretamente à atividade de cunho investigativa proposta, o que evidencia não apenas a compreensão dos conteúdos, mas também um possível avanço conceitual por parte dos estudantes. Ressalta-se que foram ajudados nas respostas quando tinham dúvidas. Esse desempenho pode sugerir que os estudantes conseguiram relacionar conhecimentos prévios com os novos conceitos abordados. Essa articulação

permitiu uma leitura mais ampla e contextualizada do tema, indicando que podem ter assimilado os conteúdos de forma significativa.

No trabalho de Filgueiras, Passos e Vasconcelos (2025), por exemplo, sugerem uma estratégia pedagógica que se apoia nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, baseadas na TAS, com a finalidade de lidar com as dificuldades comuns relacionadas a metodologias que carecem de contexto. O trabalho apresenta uma SD dedicada ao ensino das funções inorgânicas no Ensino Médio, integrando o fenômeno da chuva ácida, a utilização do simulador PhET e a análise de notícias recentes como maneiras de contextualizar o conteúdo. A intenção é fomentar uma AS e oferecer recursos práticos para a prática docente nessa área.

Almeida *et al.* (2021) ressaltam que as atividades investigativas desempenham um papel fundamental na construção e na reconfiguração de significados no contexto escolar. À face disso, essas atividades possibilitam a conexão entre os saberes prévios dos estudantes e os conhecimentos adquiridos durante as experiências, promovendo uma ASC ao estabelecer relações de semelhanças e diferenças com suas vivências pessoais.

O emprego de tecnologias na realização de experimentos representa uma via promissora. Ferramentas como simuladores e programas interativos possibilitam aos estudantes a investigação de princípios químicos em contextos virtuais, servindo como uma solução para instituições que carecem de laboratórios apropriados. A união de experiências práticas com recursos digitais pode enriquecer o processo educativo, tornando-o mais envolvente e acessível (Oliveira; Aquino; Cavalcante, 2020).

O artigo 26 da LDB enfatiza a importância de integrar conteúdos que se conectem às inovações tecnológicas e aos desafios da sociedade atual. A legislação também sublinha que a educação precisa formar os estudantes para a plena participação cidadã e para o mercado de trabalho, metas que se tornam mais viáveis com a implementação das TDIC (Brasil, 1996). Exemplos de como essas tecnologias podem ser empregadas incluem plataformas digitais, simuladores, ferramentas colaborativas e recursos audiovisuais.

Complementarmente, o estudo de Rocha *et al.* (2022) pontuam que a pandemia COVID-19 viabilizou ainda mais o uso dessas tecnologias mediante ao contexto que o mundo se encontrava. Elas que antes possuíam uma função auxiliar, passaram a ser viabilizadoras do conhecimento mesmo diante de dificuldades de adaptação e saberes relacionados a tecnologia, fazendo com que os professores buscassem cada vez mais se aperfeiçoarem.

Por último, a implementação dessas tecnologias enriquece a conexão entre a escola e a vida dos estudantes, que estão cada vez mais imersos no ambiente digital. Essa integração amplia o papel da escola como um local de geração de conhecimento relevante e de formação

de indivíduos críticos, prontos para enfrentar os desafios futuros. Ao adotar as diretrizes da BNCC e da LDB, o uso das tecnologias digitais não só atualiza a educação, mas também reafirma o compromisso com uma formação que prepara os estudantes para uma sociedade em constante evolução.

No fechamento da etapa 3, conforme exposto na SD, a seguinte situação-problema, alinhando-se à fase de fragilização descrita por Astolfi (1994), foi: *“Como a chuva ácida pode alterar a coloração das plantas e folhas e quais reações químicas estão envolvidas nesse processo?”* Isso condiz com o princípio 2 da TASC, interação social e questionamento, cujo propósito é instruir a formulação de questionamentos ao invés de propor soluções. Isso é explanado na próxima seção.

9.3 Etapa 4: Experimentação da chuva ácida

De acordo com Brown, Lemay e Bursten (2005, p. 566), “historicamente, os químicos têm procurado relacionar as propriedades de ácidos e bases às suas composições e estruturas moleculares.” Trabalhos como Costa *et al.* (2019), Filgueiras, Passos e Vasconcelos (2025), Passos *et al.* (2024) e Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025a) 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 possível superação dos OE, como no caso desta pesquisa, sendo aplicados após a identificação e, posteriormente, a fragilização e/ou o contorno deles (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

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 (Astolfi, 1994). 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 (Filgueiras; Passos; Vasconcelos, 2025).

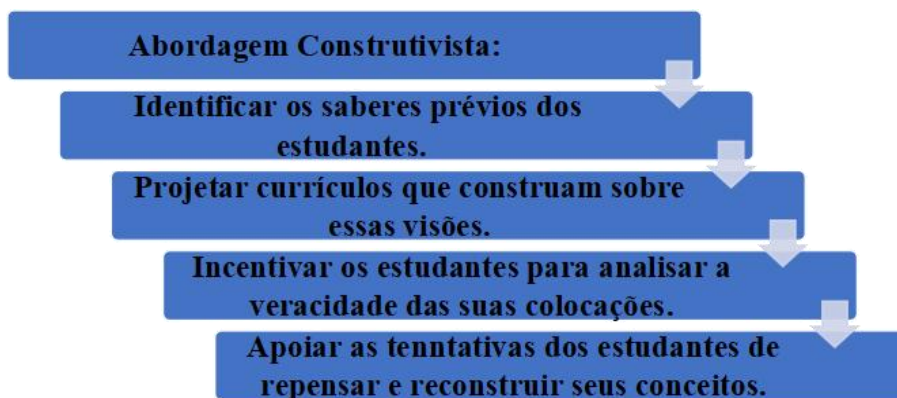
Lopes (1992) argumenta que as substâncias e suas propriedades não devem ser tratadas como objetos fixos, definidos exclusivamente por características sensoriais, como cor e sabor, ou por suas transformações isoladas. Essa visão está relacionada ao obstáculo substancialista, ainda presente em materiais 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.

Ademais, 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 (Silveira, 2018; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

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, de cunho construtivista, envolve quatro etapas essenciais, como mostra a Figura 17. Essa abordagem é discutida justamente por ser de acordo com os estudos da TASC de Moreira.

Figura 17. Passos para uma abordagem construtivista



Fonte: Elaboração própria (2024).

A realização individual das atividades propostas no laboratório, muitas vezes, promove uma compreensão superficial, distorcida e inconsistente do fenômeno em si, da metodologia científica (Hodson, 1994). Na experimentação, também é importante que haja discussão sobre as atividades realizadas através de interações entre os sujeitos, de debates, não esquecendo de interligar os aspectos teóricos, representacionais e empíricos (Andrade; Zeidler, 2023).

Ademais, com a mediação do professor, chegaram à conclusão de que poderiam diminuir o pH da água ao reagir-la com o gás dióxido de enxofre (SO₂), um dos óxidos

responsáveis pela formação do ácido. Para formar essa substância, era necessário queimar enxofre em pó, símbolo S, material este disponível no laboratório da escola.

Para isso foram utilizados os seguintes materiais: dois balões de destilação, dois suportes universal, garras metálicas com mufas, espátulas, béqueres, balão volumétrico, mangueira de látex, rolha, maçarico a gás, velas, fósforo, enxofre em pó, solução de hidróxido de sódio 0,01 molar e solução de fenolftaleína.

O uso do maçarico a gás foi usado apenas uma vez pois a trava de segurança quebrou e não havia outro disponível na escola, logo o uso da vela, material acessível, é uma opção. A maioria deles estão apresentados na Figura 18 a seguir:

Figura 18. Materiais para o experimento



Fonte: Acervo próprio (2025).

Para que os estudantes visualizassem a formação do ácido, foi utilizada uma solução de hidróxido de sódio (NaOH). Inicialmente, o volume solicitado da solução, 150 mL, foi medido com o uso da vidraria proveta, medição aproximada, e transferido para um béquer conforme a Figura 19. Depois, adicionou-se uma gota da fenolftaleína, resultando na coloração rósea característica do meio básico.

Figura 19. Solução de NaOH



Fonte: Acervo próprio (2025).

Especificamente, a queima de enxofre na presença de oxigênio forma esse gás, 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 (SO_3) com a água. Abaixo segue a Figura 20 de uma equipe fazendo a montagem do experimento.

Figura 20. Montagem do experimento



A reação foi constatada a partir do desaparecimento da cor inicial mediante a formação do ácido, que aumentou a acidez da água (Brown; Lemay; Bursten, 2005). De acordo com Birch (2018, p. 48), “os químicos medem a concentração dos ácidos usando a escala de pH.” Logo o pH verificado, conforme as discussões, é menor que 7, pois acima desse valor a substância seria básica. Foram feitas duas tentativas para a ocorrência da reação, sendo na exitosa uma leve mudança de cor, talvez pelo fato de o comprimento da haste do balão ser longo.

Figura 21. Materiais alternativos



À face disso, colocaram no béquer a solução de hidróxido de sódio com uma gota do indicador, ao qual se anexa com fita um pequeno fragmento da flor. Após a queima do enxofre e consequente liberação do gás dióxido de enxofre (SO_2), o clipe é imediatamente posicionado sobre o béquer, que é então vedado com um vidro de relógio, permitindo a interação dos produtos gasosos com a solução. Ressalta-se que houve o uso de máscara descartável.

A Figura 22 ilustra a realização desse procedimento por uma das equipes participantes da intervenção. Ressalta-se que foi aplicado mais de uma vez por ser mais fácil.

Figura 22. Outra forma de realizar o experimento



Fonte: Acervo próprio (2025).

Independentemente da forma adotada, ambas as versões da atividade conduzem ao mesmo resultado: a formação do SO_2 e sua posterior reação com a solução, evidenciada pela mudança de coloração, o que permite inferir um ácido formado. No entanto, destaca-se que a segunda versão do experimento apresenta uma vantagem adicional, pois demanda a utilização de um menor número de vidrarias. Além disso, a mudança de cor é mais evidente. A Figura 23 mostra o momento da reação no béquer:

Figura 23. Reação do gás no interior do béquer



Fonte: Acervo próprio (2025).

De acordo com a BNCC (Brasil, 2018), é necessário que os estudantes do Ensino Médio compreendam os fundamentos científicos e tecnológicos que os cercam, por meio da relação entre teoria e prática. Consoante Silva *et al.* (2020, p. 2):

Um dos desafios da atualidade relacionado ao ensino de Química nas escolas de nível Médio, baseia-se na construção de uma ligação entre os conhecimentos estudados nas disciplinas e o dia a dia dos alunos. Não havendo uma articulação entre os dois tipos de atividade, isto é, a teoria e a prática, os conteúdos teóricos não se tornam tão atraentes e relevantes à formação do indivíduo.

Com relação à execução dessas atividades, Silva *et al.* (2020) apontam que a experimentação ainda é pouco explorada nas escolas públicas por falta de uma estrutura adequada ou por falta de domínio dos professores, levando em consideração que, muitos profissionais que ministram essa disciplina não são licenciados em Química. Nesse contexto, Passos, Vasconcelos e Silveira (2022) destacam que é possível realizar aulas experimentais em sala de aula com materiais alternativos, para buscar incentivar os estudantes e despertar neles o interesse pela disciplina, além de possibilitar uma maior relação entre o cotidiano e o conteúdo ministrado.

Lunetta (1998) testifica a importância do uso do laboratório no processo de ensino e aprendizagem e pontua que atividades investigativas são necessárias em razão do levantamento de hipóteses para, posteriormente, analisá-las. Almeida e Broietti (2023)

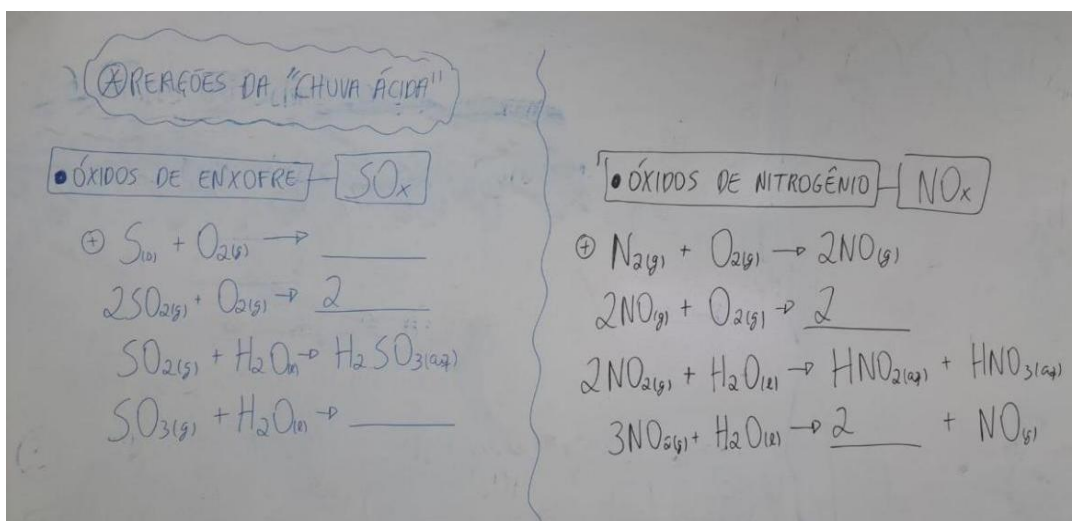
reforçam a importância da experimentação investigativa para auxiliar na aprendizagem dos conceitos. Os estudantes podem executar as atividades de forma coletiva para investigar os fenômenos, cujas atividades podem promover interações sociais positivas e um ambiente satisfatório que conduza a ações colaborativas.

A cultura dos sujeitos deve ser preservada e respeitada nas atividades propostas, na qual cada um tem o seu tempo de aprendizagem e entendimento mediante às atividades diversificadas a serem realizadas nesse processo de inter-relação da teoria à prática, o que pode culminar numa ASC. A TASC aponta para a ultrapassagem das práticas tradicionais de ensino, como os métodos isolados, as situações e objetos estáticos e as certezas absolutas (Moreira, 2010a; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). Ademais, o uso desses materiais na prática proposta proporciona aos estudantes uma oportunidade ampliada de familiarização com os equipamentos e com as práticas de manuseio seguro e sistematizado, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades experimentais mais abrangentes.

As reações químicas que envolvem as formações dos ácidos que diminuem bruscamente o pH da água, especialmente a do experimento, foram registradas na lousa, Figura 24, abrangendo os conceitos de ácidos, bases e óxidos, além de revisitar as causas e consequências da chuva ácida, haja vista os resultados obtidos nos questionários que apontaram lacunas.

À face disso, nas reações colocadas na lousa foi deixado um espaço para completarem, de forma conjunta, as substâncias químicas que faltavam nas reações. Assim, ajuda nesse processo de inter-relação. Caso o laboratório da escola não disponha de lousa, esse debate pode ser feito em sala de aula.

Figura 24. Reações químicas na lousa



Fonte: Acervo próprio (2025).

A seguir o Quadro 12 elaborado para facilitar a visualização das reações químicas apresentadas:

Quadro 12. Reações químicas

Óxidos	Reações
Óxidos de Enxofre	$S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$
	$2 SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2 SO_{3(g)}$
	$SO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{3(aq)}$
	$SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$
Óxidos de Nitrogênio	$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2 NO_{(g)}$
	$2 NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2 NO_{2(g)}$
	$2 NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HNO_{2(aq)} + HNO_{3(aq)}$
	$3 NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2 HNO_{3(aq)} + NO_{(g)}$

Fonte: elaboração própria (2025).

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 dos OE.

Por exemplo, os estudantes que inicialmente apresentaram o obstáculo animista, como na fala que atribuiu sentimentos às substâncias (K1: Os ácidos reagem com as bases e são felizes pois neutrizam elas), 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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

A pesquisa qualitativa é válida para esse tipo de análise, pois ajuda a entender o que os sujeitos querem dizer com suas palavras e ações. Além disso, ela permite identificar como os conceitos e ideias mudam ao longo do tempo. De acordo com Bogdan e Biklen (1984), esse método valoriza a visão dos participantes e busca interpretar o significado das práticas e representações humanas dentro do seu contexto. Por isso, é útil para perceber mudanças de pensamento ou entendimento que acontecem no processo educativo.

Em relação à presença do obstáculo experiência primeira, identificado em respostas como a de K20 (fiz um experimento, mas só lembro da mudança de cor), foi abordada por meio de reflexões promovidas durante e 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 apresentadas nas aulas teóricas e novamente na prática.

Além disso, o obstáculo geral, evidenciado pela associação de propriedades ácidas e básicas exclusivamente ao sabor ou características sensoriais (K5: na sua fórmula e são

azedos) ou através de informações gerais (K29: se a chuva fosse natural ácida não tinha vegetação que teria frutas) 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 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.

A ciência transcende a simples observação dos fenômenos naturais, constituindo-se como um estudo aprofundado e fundamentado nas características científicas do meio ambiente. Assim, é essencial que, ao serem questionados durante experimentações, os estudantes sejam capazes de interpretar e explicar cientificamente os conceitos envolvidos, indo além da mera surpresa e admiração. Além disso, é fundamental estabelecer a relação entre os aspectos microscópicos e macroscópicos, proporcionando uma compreensão mais ampla e integrada dos fenômenos estudados (Astolfi; Develay, 1995).

Segundo a BNCC (Brasil, 2018), é possível afirmar que a prática experimental, ao ser aplicada no Ensino de Química, tem como base a formulação de questionamentos, a elaboração de suposições, previsões e estimativas, o uso de instrumentos de medida, a representação e interpretação de modelos explicativos, dados e/ou resultados obtidos por meio de experimentos, a fim de desenvolver, analisar e fundamentar conclusões diante de problemas.

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.

Os obstáculos não são mais vistos de maneira negativa, uma vez que se avaliam as circunstâncias favoráveis à sua superação. Eles são encarados de forma mais dinâmica, representando um estímulo conceitual em vez de uma barreira ao aprendizado. Assim, surgem como uma chance de crescimento intelectual, e os objetivos devem focar no aprimoramento do pensamento, e não apenas na performance visível (Astolfi, 1999).

Os entraves mais persistentes não são, por sua natureza, dificuldades, mas muitas vezes são permissões que a mente se oferece para interpretar os fenômenos. Quando o raciocínio se depara com um desafio, ele costuma perceber aquilo que o impede ou estanca. Os OE não surgem pela falta de reflexão, mas sim de um tipo de pensamento automático e simplificado, que tende a aceitar explicações imediatas, intuitivas e frequentemente equivocadas. Isso explica por que tais barreiras são complicadas de ultrapassar: elas não se manifestam como erros claros, mas sim como facilidades na mente enraizadas (Astolfi, 1999).

A fusão da experimentação e o uso do PhET contribui para a variação das metodologias de ensino. Embora a prática experimental possa enfrentar restrições relacionadas à acessibilidade de materiais e questões de segurança, o PhET fornece uma ferramenta virtual que se adapta facilmente ao currículo. Essa versatilidade possibilita que os educadores modifiquem suas estratégias, proporcionando uma resposta às diferentes necessidades e interesses do seu público (Filgueiras; Passos; Vasconcelos, 2025; Rodrigues, 2024).

As anotações no diário de campo, feitas sempre pelo pesquisador, 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.

9.4 Etapa 5: Elaboração dos textos através dos mapas

Após a prática, os estudantes elaboraram um texto em equipes com o uso do mapa, apresentado na Figura 10, que também é um instrumento de coleta proposto para reforçar as discussões em prol da evolução e/ou ressignificação dos conceitos adquiridos pelos estudantes.

Embora a proposta inicial contemplasse a elaboração individual de textos com o suporte do mapa, as turmas optaram coletivamente pela construção em equipe. Essa decisão foi acolhida por estar em sintonia com BNCC, que valoriza a diversidade de saberes e o trabalho colaborativo como pilares para o desenvolvimento da autonomia, responsabilidade e

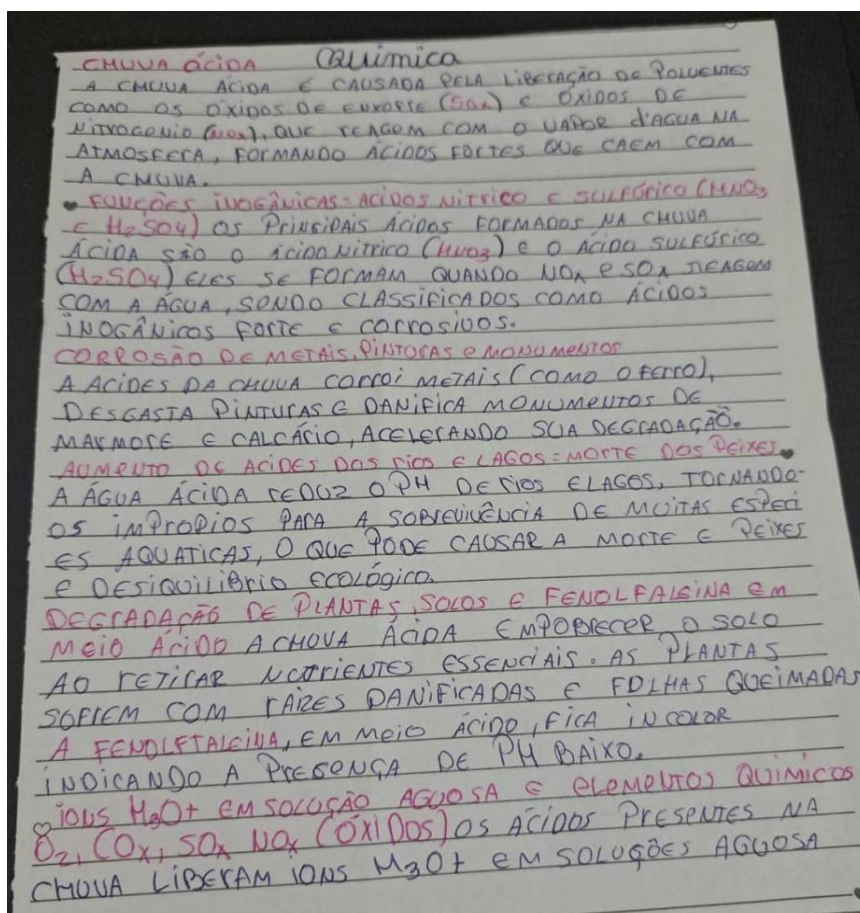
cidadania (Brasil, 2018). A dinâmica mostrou-se eficaz, permitindo aos estudantes consolidar conceitos por meio de interações significativas, o que também ajuda a fortalecer o relacionamento com o professor.

Os textos produzidos pelas equipes refletiram a apropriação dos conceitos trabalhados no mapa e de outros assuntos abordados durante as atividades, evidenciando um processo de resignificação conceitual. Isso ficou claro nas discussões que se seguiram à experimentação e nos próprios textos, que desafiaram generalizações comuns. Por exemplo, a equipe formada por K2, K10 e K11, pontuou que nem todas as bases apresentam sabor adstringente ou contêm necessariamente a hidroxila em sua composição. Outra equipe, K9, K13 e K14, argumentou que propriedades como sabor azedo ou toxicidade não são universais para os ácidos, variando conforme a natureza química e a concentração da substância.

As respostas evidenciam a articulação do conhecimento a uma situação concreta que desperta interesse e que, ao mesmo tempo, exige raciocínio teórico estruturado. Esse deslocamento do foco meramente descritivo para uma compreensão mais ampla, que considera fatores ambientais, configura um movimento em direção à ASC, que transcende a memorização e promove uma postura reflexiva diante dos saberes escolares (Moreira, 2021).

Merece destaque o texto da equipe K32, K45 e K58 que um integrante dessa equipe solicitou o mesmo texto elaborado inicialmente para que pudessem adicionar novos conceitos usando o mesmo texto de apoio. Diante da iniciativa, excepcionalmente nessa equipe foi atendido a solicitação. Abaixo segue o texto final elaborado, Figura 25.

Figura 25. Elaboração do texto final



Fonte: Acervo próprio (2025).

Nesse texto, uma aluna conduziu a elaboração e foi pedindo ajuda aos integrantes da equipe para que fossem adicionados novos conceitos para que houvesse a diferenciação do texto inicial. Por exemplo, ela afirma que os ácidos são formados pela reação dos óxidos com água, fato esse não dito no texto inicial. Os conceitos propostos no mapa ajudaram nesse processo de associação de saberes.

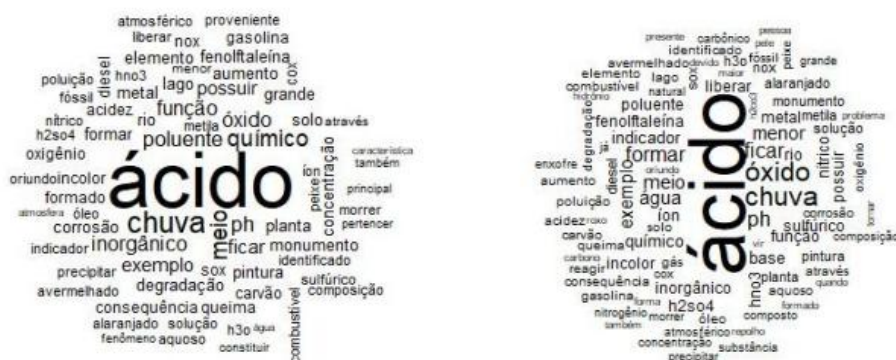
Almeida *et al.* (2021) utilizaram mapas conceituais com enfoque na ciência, tecnologia, sociedade e ambiente acerca do tema “drogas” para compreender os seus efeitos nocivos, visando a uma formação crítica e reflexiva, discutindo os impactos na sociedade e no meio ambiente, permitindo uma ressignificação desse estudo, além de promover uma ASC. O professor deve proporcionar estratégias de ensino relacionadas à área ambiental a fim de suscitar debates que possam corroborar em novos processos de reflexão sobre a realidade ambiental vigente. Dessa forma, é possível discutir as ações resultantes da ação humana, assim como as consequências causadas por elas.

O'Donnell *et al.* (2002) testificam que os mapas contribuem para que os indivíduos localizem mais informações e recordem conteúdos abordados em sala de aula. Mossi e Vinholi Júnior (2022), Passos e Vasconcelos (2023) e Silveira e Vasconcelos (2022) asseveram a importância do uso dessa ferramenta no ensino para corroborar com a apreensão dos saberes de forma efetiva haja vista uma AS. Ademais, pode ser utilizado como instrumento avaliativo pelo professor. A seguir a discussão referente ao uso do IRaMuTeQ.

9.4.1 Discussão dos textos através do uso do IRaMuTeQ

Analizando todos os textos iniciais (esquerda) e depois os finais (direita) no IRaMuTeQ, foram gerados estas nuvens de palavras, Figura 26, a fim de verificar os avanços conceituais.

Figura 26. Nuvem de palavras dos textos



Fonte: extraído do IRaMuTeQ (2025).

Em ambas as nuvens, o conceito principal em destaque é ácido, palavra central do mapa conceitual. Reforça-se que quase todos os textos produzidos têm todos os conceitos contemplados no mapa. Interpretando os grafos, a palavra “água”, por exemplo, está bem reduzida na nuvem inicial, logo não foi utilizada com tanta frequência. Contudo na nuvem final está maior, significando que foi utilizada mais vezes nas frases. Em face disso, a expressão “solução aquosa” foi explicada por algumas equipes, afirmando a presença de água, fato esse não colocado nos textos iniciais. Nem sempre o que é fácil de ser entendido pelo professor é fácil para os estudantes, sendo necessário explicações.

Na nuvem final, observa-se um maior número de palavras, o que exigiu a redução do tamanho da fonte para que todas fossem acomodadas. A disposição da palavra principal “ácido” ficou na vertical para facilitar esse processo. Os conceitos novos que surgem que

merecem destaque são “ enxofre”, “nitrogênio”, “pessoa”, “pele” e “carbono”. Isso demonstra a aquisição de novos saberes, um aumento na inter-relação das ideias sobre o assunto.

Destaca-se também o aparecimento do nome “ácido carbônico” e da sua fórmula molecular de forma sutil, H_2CO_3 . Ele é o ácido formado que já confere uma leve acidez na água, saberes novos esses colocados por vários grupos. O conceito “base” também aparece, logo houve uma associação a alguma atividade desenvolvida. Retoma-se que na aula prática foi usado uma base, NaOH. Os ácidos e as bases representam propriedades químicas essenciais para entender as características das moléculas e as reações que ocorrem, afetando a reatividade e o comportamento em diferentes meios (Brown; Lemay; Bursten, 2005).

À vista disso, observa-se uma apreensão de novos conceitos, através do conjunto de atividades articuladas, e novas conexões entre os já existentes, ou seja, uma inter-relação. Santos (2008) articula uma visão transformadora da educação, onde o conhecimento não é simplesmente transmitido, mas reconstruído pelo próprio estudante. A crítica à repetição automática e à falta de contextualização mostra uma preocupação legítima com práticas pedagógicas obsoletas. A ênfase na formação de conceitos sólidos sugere uma busca por uma aprendizagem duradoura e aplicável, alinhando-se com os princípios da TASC (Moreira, 2021; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025a).

Complementarmente, os estudantes escreveram os nomes dos óxidos, nos textos finais, responsáveis pela diminuição brusca do pH da água, sugerindo entendimento da nomenclatura e das reações químicas envolvidas. Outro conceito que merece destaque é “menor”, que está maior na segunda imagem. A associação feita conforme verificado foi a leitura por extenso do $\text{pH} < 7$ (pH menor que 7), no qual diversos estudantes não sabiam ler esse sinal matemático.

A acidez ou basicidade de uma solução é medida por meio da escala de pH, que varia de 0 a 14. Para essa determinação, podem ser utilizados aparelhos eletrônicos, como o pHmetro, ou substâncias químicas conhecidas como indicadores ácido-base. Esses indicadores possuem estruturas moleculares capazes de sofrer mudanças em função do meio em que estão inseridos, alterando assim sua coloração.

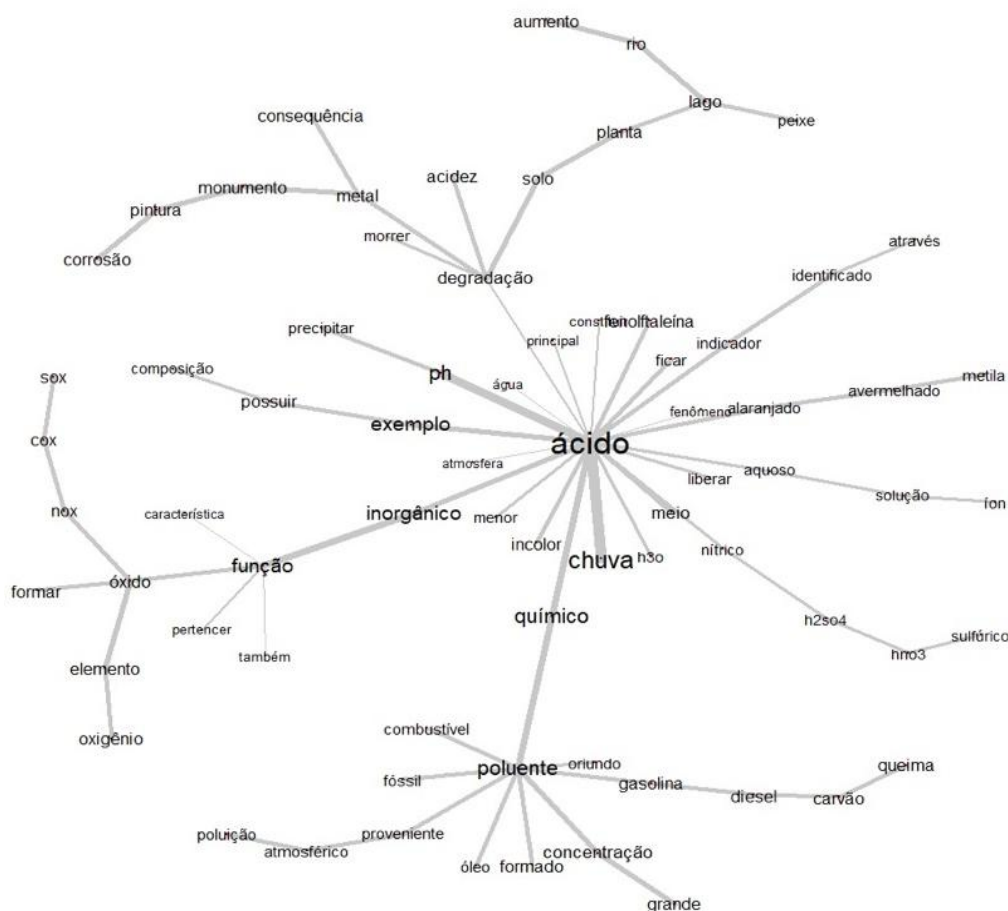
As autoras Santos e Rizzatti (2024) destacam a relevância de articular o conhecimento científico com o cotidiano dos estudantes, favorecendo a formação de sujeitos críticos, capazes de assumir iniciativa diante da resolução de problemas, como no desafio proposto. Esse objetivo converge com os princípios da TASC, como os princípio 2, 4, 9 e 11, interação social e questionamento, aprendiz como perceptor, incerteza do conhecimento e abandono da narrativa, respectivamente, evidenciando uma possível ASC a partir dos resultados obtidos (Moreira, 2010a).

Ademais, proporcionar a compreensão de conceitos químicos presentes no cotidiano por meio de explicações científicas contribui para aprofundar a aprendizagem significativa, uma vez que, ao serem apropriadas, tais explicações ampliam a capacidade de interpretação da realidade (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b). O mapa conceitual, nesse contexto, reúne diversos conceitos que podem ser explorados em maior profundidade à medida que o estudante mobiliza seus saberes, favorecendo a construção de conexões mais sólidas entre as ideias (Silveira; Vasconcelos; Sampaio, 2022).

Conforme discutido, o tema principal escolhido, Chuva Ácida, está atrelado às mudanças climáticas, assunto bastante atual e fácil de ser visualizado. Reforça-se que também foi colocado em sala formas de diminuir a poluição atmosférica, como por exemplo, disposto no documento IPCC (2023), o uso das energias renováveis, como a energia solar e a eólica, que são capazes de frear o aquecimento e trazer benefícios sociais e econômicos. Com isso, busca-se atrelar fatos científicos ao dia a dia em busca de resolução de problemas atuais.

A outra análise do *corpus* textual foi gerado através da ADS para fomentar as discussões. A Figura 27, a seguir, diz respeito aos textos iniciais. Segundo Camargo e Justo (2021), Nunes e Leite (2022) e Silva (2021) essa análise ajuda na identificação das coocorrências expressa pela espessura da linha revelando as ligações formadas entre as palavras, ajudando na discussão sobre os conteúdos contemplados.

Figura 27. ADS dos textos iniciais

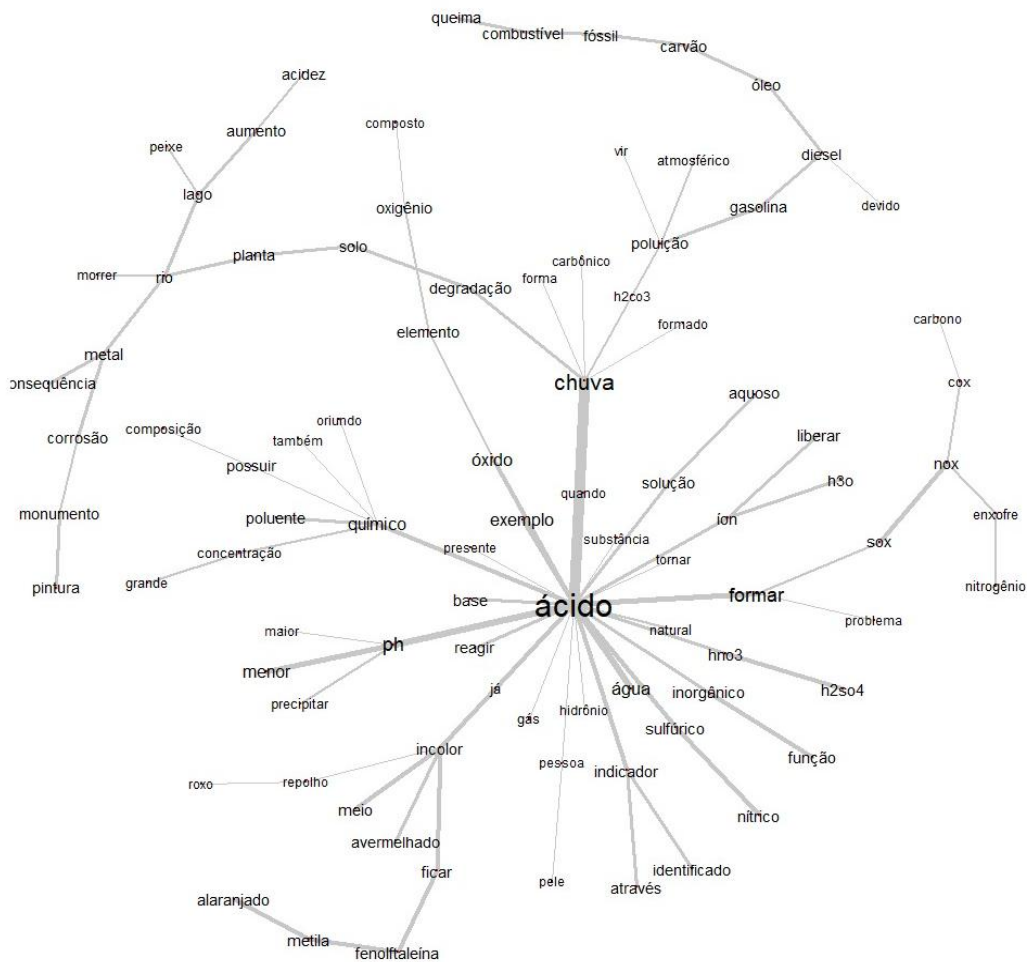


Fonte: Extraído do IRaMuTeQ (2025).

Novamente, o conceito norteador é ácido, haja vista ser a palavra central do mapa, a partir do qual se desdobram outras ocorrências observadas pelas ramificações. Nesse grafo, são apresentados apenas as fórmulas gerais dos óxidos, já os ácidos colocaram os nomes e as fórmulas, já contemplados no mapa, sem nenhuma informação extra. Os conceitos principais dos textos nesse tipo de grafo estão ligados através de linhas oriundas inicialmente pela palavra central.

Destarte, a estrutura em forma de árvore permite visualizar que cada "galho" agrupa palavras ou expressões relacionadas. A discussão começa a partir da comparação com os textos finais, através da Figura 28 gerada:

Figura 28. ADS dos textos finais



Fonte: Extraído do IRaMuTeQ (2025).

Comparando as duas figuras, observa-se um maior número de linhas conectando os conceitos, logo houve um aumento de informações através das relações conceituais. Isso pode ser compreendido como uma maior familiaridade através do conteúdo científico abordado. O conceito “repolho” surge como um novo exemplo de indicador natural no grafo que pode ser utilizado para identificação dos ácidos e bases. Isso foi abordado nas aulas com slides e lembrado com o uso do *software* PhET.

Diversas espécies vegetais, como o repolho e a beterraba, são mencionadas na literatura por conter pigmentos que mudam de tonalidade quando expostos a diversos níveis de acidez ou alcalinidade, tornando-se assim indicadores ácido-base viáveis para uso em ambientes escolares com recursos limitados e materiais facilmente acessíveis.

Os indicadores podem ser sintéticos, como a 3,3-bis(4-hidroxifenil)-1-(3H)-isobenzofuranona ($C_{20}H_{14}O_4$), no caso a fenolftaleína, que adquire coloração rosa em meio

básico e incolor em meio ácido, ou naturais, como aqueles extraídos de vegetais ricos em pigmentos antociânicos, a exemplo dos meniconados (Brown; Lemay; Bursten, 2005; Russel, 1984).

As antocianinas são flavonoides cuja estrutura molecular contém anéis aromáticos conjugados, possibilitando interações com íons H^+ e OH^- presentes na solução. Em meios ácidos, a estrutura das antocianinas favorece a absorção de luz em comprimentos de onda que resultam em colorações avermelhadas, enquanto em meios básicos ocorrem mudanças estruturais que fazem com que a coloração varie para tons azulados ou esverdeados.

Outro ponto a ser destacado refere-se à definição de óxido que está mais completa, em que se observa por exemplo o acréscimo do conceito “composto”, o que possibilita uma discussão mais detalhada e precisa acerca desses conceitos realizados pelos estudantes. Retoma-se que óxidos são compostos binários, sendo necessário a presença do elemento químico oxigênio que é bastante eletronegativo. Eletronegatividade é a tendência do átomo atrair elétrons para si numa ligação química (Miessler *et al.*, 2014).

A aquisição de conhecimento científico hoje implica a necessidade de quebrar paradigmas, questionando ideias e costumes estabelecidos. No entanto, isso não implica uma hierarquia rígida de valores, mas sim o reconhecimento de que o conhecimento comum, adquirido pela experiência cotidiana, e o conhecimento científico, baseado em métodos rigorosos de observação, experimentação e análise, desempenham papéis diferentes e complementares na busca pela compreensão do mundo (Andrade; Zeidler, 2023).

Nesse sentido, trata-se de pontos de vista que apresentam distinções fundamentais, não podendo ser simplificadas uma pela outra ou determinadas por um único campo de saber, mas sim oriundas de diferentes áreas de conhecimento. Essas informações expressam lógicas específicas não vinculadas exclusivamente a uma disciplina, mas sim provenientes de variados campos de estudo. O estudo elaborado reforçou essa perspectiva ao articular aspectos químicos e ambientais na discussão central, em consonância com as orientações da BNCC e da LDB (Brasil, 1996, 2018).

Destaca-se ainda no grafo a palavra “pele”, também presente na nuvem de palavras, que faz coocorrência à “pessoa” e aos “ácidos” na mesma linha. A discussão foi referente às consequências da chuva ácida. Nesse contexto, os estudantes mencionaram que a pele de indivíduos sensíveis poderia sofrer irritações em função da acidez da água da chuva, ressaltando inclusive o exemplo de um bebê, cuja fragilidade em comparação aos adultos poderia torná-lo mais suscetível a danos mais severos.

Já o conceito de pH, por exemplo, apresentou coocorrência com os termos “maior” e “menor”, sendo que não estavam representados de forma explícita no mapa conceitual. Observou-se que, ao tratar do estudo das bases, algumas equipes afirmaram que elas possuem pH maior que 7, o que confirma a tendência identificada na nuvem de palavras na diferenciação entre ácidos e bases. Vale destacar que essa referência específica às bases corresponde a um saber novo construído, indicando que os estudantes foram capazes de ampliar suas concepções iniciais e incorporá-las ao vocabulário científico trabalhado.

Esse entendimento fortalece a noção de que o aprendizado não se restringe a recordar informações passadas, mas abrange a incorporação gradual de novos significados, conforme proposto pela TASC (Moreira, 2010a). Neste contexto, isso se torna útil ao destacar sinais de significados emergentes que não são apresentados de forma clara, mas que demonstram o processo de evolução conceitual realizado pelos estudantes, aproximando suas interpretações do conhecimento científico.

À vista disso, a caracterização dos conhecimentos prévios como fator isolado mais importante, primeiro princípio da TASC, estabelece uma hierarquia clara de prioridades pedagógicas (Moreira, 2021). Esta perspectiva tem implicações profundas para a prática educativa, sugerindo que o diagnóstico desses saberes deve ser o ponto de partida de qualquer processo de ensino. A simplicidade da formulação é uma força, mas também uma limitação, pois pode subestimar a complexidade de outros fatores que influenciam a aprendizagem, como motivação, contexto social e qualidade do ensino.

Esse episódio evidencia a relevância dos conhecimentos prévios e dos saberes novos adquiridos no processo de aprendizagem, uma vez que recorreram a exemplos práticos discutidos para explicar as consequências da chuva ácida. Esses saberes devem ser o ponto de partida de qualquer processo de ensino, que pode ser oportunizado por dinâmicas em sala ou através da aplicação de um questionário pré-teste, por exemplo (Silveira; Vasconcelos, 2023).

Para promover uma ASC, é fundamental que o estudante seja reconhecido como um agente do conhecimento, capaz de perceber a complexidade do mundo ao seu redor através das suas habilidades existentes e das novas que venham a surgir (Chirone; Moreira; Sahelices, 2021; Costa, 2020). As habilidades de compartilhar experiências e interagir com diferentes contextos enfatizam as dimensões social e contextual no âmbito escolar. Esta abordagem multidimensional é importante por sua abrangência, porém não se deve ignorar a variabilidade individual e contextual dos processos de aprendizagem (Cardoso *et al.*, 2024; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Segundo Lemke (2006), uma sugestão para promover a aprendizagem é através da realização de pesquisas e estudos, seja de maneira individual ou coletiva, de modo a estimular uma aprendizagem colaborativa, que transcende idade, classe social, gênero ou cultura, onde indivíduos se ajudam mutuamente, promovendo reflexões. A presença do professor como mediador é fundamental nesse cenário (Francisco; Silva; Wartha, 2022; Moreira, 2021). A comparação entre os dois grafos reforça que houve uma evolução conceitual ao longo do conjunto de atividades aplicadas, através do acréscimo de novas discussões nos textos elaborados.

Quando uma nova informação é integrada de forma sistemática e concreta a um conhecimento prévio relevante, ela adquire significado para o estudante, ainda que esse significado possa se distanciar do científico. Esse processo, central para a TASC, evidencia o mecanismo de ancoragem de novos saberes em estruturas cognitivas já estabelecidas, reforçando a natureza não arbitrária da ASC (Moreira, 2010a; Nascimento, 2022).

Além disso, a diferenciação entre significados pessoais e científicos permite compreender como os estudantes transitam gradualmente de construções individuais para concepções mais próximas do conhecimento validado socialmente. Nesse sentido, torna-se pertinente discutir estratégias pedagógicas que favoreçam essa aproximação (Santos; Rizzatti, 2024; Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Ademais, Moreira (2021), Passos *et al.* (2023) e Silveira e Vasconcelos (2022) asseveram que os mapas são ferramentas que facilitam a integração e diferenciação de conceitos, contribuindo também para a promoção de uma ASC conforme observado neste trabalho. A análise desses resultados 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.

Por fim, esses resultados revelam que os estudantes conseguiram estabelecer conexões conceituais pertinentes ao tema, articulando tanto saberes prévios quanto conhecimentos construídos ao longo das atividades propostas.

9.4.2 Discussão do questionário pós-teste

O questionário pós-teste, composto pelas mesmas perguntas do pré-teste, foi aplicado para complementar a avaliação da evolução do aprendizado durante esse processo. Ele também foi respondido de forma individual, da mesma forma do pré-teste. Os resultados

demonstraram avanços significativos para uma possível minimização/superação dos OE. 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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

Retoma-se a questão 3, cuja taxa de acerto, anteriormente apenas 14%, passou a ser alta. Esse resultado indica não apenas a apropriação conceitual dos saberes relacionados aos óxidos e sua relação com o fenômeno da chuva ácida, mas também a um avanço na fragilização dos subterfúgios pedagógicos. Ainda que alguns estudantes tenham mantido respostas erradas, a maioria demonstrou capacidade de reorganizar suas concepções iniciais, deslocando-se de explicações espontâneas e/ou empíricas para interpretações fundamentadas no saber científico.

De acordo com Medeiros, Rodrigues e Silveira (2016, p. 76):

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.

Isso pode ser compreendido à luz da TASC, na qual aprender não se limita à simples ancoragem de novos conteúdos aos subsunçores pré-existentes, mas exige também a reconstrução crítica do conhecimento à luz de sua relevância social e cultural (Moreira, 2021). Ao relacionarem a presença de óxidos na atmosfera com a formação da chuva ácida, demonstraram não apenas domínio conceitual, mas também consciência das implicações ambientais, o que reforça a dimensão transformadora do aprendizado, o que aponta para um novo espírito científico, alicerçado na dúvida, na problematização e na ruptura com o senso comum (Bachelard, 1996).

Os sujeitos K1 e K23, por sua vez, abordaram a quarta pergunta de forma mais ampla, mencionando que o ácido neutraliza a base e vice-versa, resultando na criação de sal e água. O termo “neutralizar” é entendido como tornar algo ineficaz. É importante destacar que o K23 havia indicado na primeira questão do pré-teste que o ácido encontrado em nosso estômago seria o NaOH, enquanto no pós-teste assinalou a opção relacionada ao HCl. Apesar de não ter justificado, infere-se uma evolução conceitual.

Já os sujeitos K5, K51 e K55 afirmaram, de forma geral, que nem todos os ácidos e nem todas as bases são tóxicos, que isso depende muito da concentração e da fabricação deles. Havia sido percebido no pré-teste e na escala Likert a presença do obstáculo substancialista, e

com essas respostas, infere-se um avanço no saber, uma possível superação parcial. Reforça-se o fato do sujeito K58, que não havia justificado nada nas questões objetivas e deixado em branco a subjetiva no pré-teste, disse o seguinte: “os ácidos podem ser tóxicos, corrosivos e as bases também e isso não é regra, na chuva ácida se tiver muito ácido pode matar peixes e destruir plantas.”

Por mais que a resposta seja sucinta, revela importantes indícios de reestruturação conceitual e de inserção crítica do conhecimento. Ao afirmar que “isso não é regra”, o estudante rompe com generalizações e essencialismos típicos do obstáculo substancialista, sinalizando a compreensão de que os efeitos das substâncias químicas não decorrem de suas naturezas intrínsecas, mas da interação com o meio e da intensidade das concentrações envolvidas, assunto esse dado através do simulador PhET.

Sob a ótica da TASC, essas respostas refletem não apenas a aprendizagem de conceitos com ancoragem nos subsunçores previamente existentes, mas também uma transformação na estrutura cognitiva com implicações críticas e sociais (Moreira, 2010a). Ao citar os impactos da chuva ácida sobre os peixes e as plantas, demonstra que foi capaz de atribuir significado contextual ao conhecimento químico, estabelecendo relações entre saber científico e suas consequências socioambientais. Retoma-se ao fato da dificuldade dos sujeitos de distinguir os conceitos de causa e consequência evidenciado através da escala Likert, que foram bastante trabalhados nas atividades conforme discutido, principalmente nas aulas iniciais.

Na quinta questão, tema chuva ácida, todos acertaram. Destaca-se que o número de acerto no pré-teste havia sido o mais alto. Em relação a sexta questão, tema pH, na qual a maioria errou no pré-teste, 54 participantes acertaram no pós-teste, demonstrando que compreendem os conceitos fundamentais que regem o comportamento ácido-base através do conjunto de atividades propostas. Conforme colocado no diário de campo através das observações, alguns podem não ter lido por completo a questão e outros disseram não ter entendido mesmo após as atividades.

Nesse contexto, a reorganização dos saberes, evidenciada na superação de concepções prévias e na articulação entre o senso comum e o conhecimento científico, reflete a efetividade de práticas pedagógicas que integram experimentação e discussões teóricas, tal como defendido por Moreira (2021) em suas proposições sobre os desafios contemporâneos da educação.

Embora os resultados tenham demonstrado avanços significativos, a superação completa dos obstáculos 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 (2021), sem impor conceitos, mas promovendo reflexões críticas (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

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, Rodrigues e Silveira (2016), ocorre ao superar os conceitos prévios e integrar conhecimentos do senso comum e da ciência escolar por meio de estratégias pedagógicas eficazes, remetendo à uma ASC mediante à aplicação dos 11 princípios na SD executada.

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 (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025b).

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 e a LDB 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.

Ademais, o artigo 36 da LDB aborda a maneira como o Ensino Médio é organizado no Brasil, no qual determina que se deve preparar os estudantes para serem cidadãos ativos e para ingressarem no mercado de trabalho, com ênfase na formação ética, no desenvolvimento da autonomia intelectual e no pensamento crítico. Ressalta-se a importância de relacionar os conteúdos do currículo com a realidade do dia a dia, o ambiente de trabalho e as interações

sociais, promovendo uma educação mais coesa e significativa. Retoma-se à formação do novo espírito científico consoante Bachelard (1996) no qual se busca essa visão dinâmica.

Com isso, é importante que no Ensino de Química busque uma compreensão mais aprofundada dos conceitos, de modo que as habilidades cognitivas, de comunicação, interpessoais e sociais dos estudantes sejam continuamente desenvolvidas e colocadas em prática na solução de problemas e na tomada de decisões, com o objetivo de promover uma educação dinâmica e em evolução constante para incentivar o protagonismo juvenil (Bona, 2022; Passos *et al.*, 2023; Silveira; Vasconcelos, 2022).

É por meio da identificação, problematização e superação dos erros que se forma o espírito científico nos estudantes. Portanto, ensinar ciência exige promover situações em que o estudante confronte seus próprios obstáculos cognitivos e, guiado pela mediação didática, avance rumo a uma compreensão mais rigorosa, crítica e conceitual da realidade (Bohtemns, 2017).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática 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 uma aprendizagem significativa crítica. 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, principalmente, no pensamento de Gaston Bachelard, Marco Moreira e Pierre Astolfi, 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. 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, 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 transladarem 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.

O erro, nesse percurso, foi ressignificado como oportunidade de aprendizagem; e os saberes prévios, em vez de rejeitados, foram escutados, tensionados e reconstruídos haja vista uma aprendizagem significativa crítica. 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 estudantes 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.

De modo geral, embora Bachelard tenha se dedicado amplamente ao estudo das condições de construção do conhecimento científico, ao longo de sua vasta produção intelectual, demonstrou também preocupação com as questões relativas ao ensino e à aprendizagem. Os obstáculos não se manifestam apenas na fase pré-científica ou no desenvolvimento histórico da ciência; eles também se fazem presentes na prática educativa.

Nesse contexto, tais obstáculos se articulam ao conceito em construção e tornam-se verdadeiros entraves à apropriação do novo conhecimento científico.

A presença deles 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. 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.

É imprescindível que o ensino de Química priorize metodologias que valorizem o envolvimento ativo e reflexivo do estudante, superando abordagens passivas e despertando o interesse pelos conteúdos trabalhados. 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 dentro da TASC.

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.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. W.; OLIVEIRA, K. M.; ALVES, S. D. B.; NUNES, S. M. T. Oficina de formação continuada em educação ambiental: discutindo a importância e a prática. **Experiência em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, 2019. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/290>. Acesso em: 18 set. 2025.
- AFONSO, D. A.; SILVA, A.; BEDIN, E. Tecnologias Digitais na Educação Básica: percepções e concepções discentes. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 10, 2024.
- ALMEIDA, C. B. C. *et al.* Aprendizagem Significativa Crítica no Ensino de Química: Contribuições de uma Sequência Didática numa abordagem CTSA no desenvolvimento de percepções sobre dogas inalantes. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 96-125, 2021. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/916>. Acesso em: 05 dez. 2023.
- ALMEIDA, F. G.; BROIETTI, F. C. Experimentação na formação inicial: aspectos investigativos e evidências do pensamento químico. **Revista Cocar**, v. 19, n. 37, 2023.
- ALMOULOUD, S. A.; COUTINHO, C. D. Q. E. S. Engenharia Didática: Características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ANPEd. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 3, n. 1, p. 62-77, 2008.
- ALVES, F. R. V.; CAVALCANTE, M. R. Obstáculos (Epistemológicos) e o Ensino de Ciências e Matemática. **Interfaces da Educação**, Paranaíba, v. 8, n. 233, p. 253-274, 2017.
- ALVES, V. R.; SILVA, F. C. V da. A mobilização de atitudes e sentimentos de licenciandos em química durante a elaboração de problemas. **Revista de Ensino em Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 7, p. 119-138, 2020.
- ANDRADE, R. S.; ZEIDLER, V. G. Z. Proposições acerca da experimentação formativa para Educação Química. **Ciência & Educação**, v. 29, p. 1-15, 2023.
- ARAÚJO, D. L. O que é (e como faz) Sequência Didática? **Entrepalavras**, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22168/2237-6321.3.3.1.322-334>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- ASSUNÇÃO, E. A. A.; BARROS, I. C. L.; CAMPOS, A. F. Resolução de problemas articulada a experimentação para abordagem de conteúdos químicos relacionados a temática qualidade da gasolina para estudantes do ensino médio. **Experiência em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 740-756, 2021.
- ASTOLFI, J-P.; DEVELAY, M. **A Didática das Ciências**. Campinas: Papirus, 1995.
- ASTOLFI, J. P. El trabajo didáctico de los obstáculos, em el corazón de los aprendizajes científicos. **Enseñanza de las Ciencias**, 12, p. 206-216, 1994.

ASTOLFI, J. P. El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. **Revista Educación y Pedagogía**, v. IX, n. 25, p. 151-171, 1999. Disponível em: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeyp/article/view/5863>. Acesso em 15. jun. 2024.

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios da Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Editora Português. 5º ed., 2011.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick e outros da segunda edição. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, G. **A Epistemologia**. O saber da Filosofia. Edições 70. Rio de Janeiro. 1971.

BACHELARD, G. **A filosofia do Não/O Novo Espírito Científico/ A Poética do Espaço**. São Paulo: Abril, 1978. (Coleção Os Pensadores).

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. **Estudos**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. 1º edição. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.

BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n.3, p. 365-379, 1996.

BATISTA, J. S. **Contextualização, experimentação e aprendizagem significativa na melhoria do ensino de cinética química**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará, 2016.

BATISTA, J. S.; GOMES, M. G. Contextualização, Experimentação e Aprendizagem Significativa na melhoria do Ensino de Cinética Química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 4, p. 74- 94, 2020.

BEBER, Silvia Zamberlan Costa. **Aprendizagem significativa, mapas conceituais e saberes populares: referencial teórico e metodológico para o ensino de conceitos químicos**. 391 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

BEDIN, F. C.; COSTA, F. R.; JÚNIOR, A. L.; KIOURANIS, N. M. M. Tendências metodológicas da pesquisa em ensino de química na revista Química Nova na Escola (1995-2017). **Revista Pesquisa Qualitativa**, São Paulo, v. 8, n. 17, p. 256-277, 2020. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/15be/340d935bab8c7297d7f9b1eb038950352368.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

BLASQUES, D. C.; SILVEIRA, M. P.; CEDRAN, J. C. Concepções iniciais de licenciandos(as) participantes do PIBID química sobre experimentação no ensino de química. **Revista Alexandria**, v. 16, n. 2, p. 383-404, 2023.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.

BONA, M. **Experimentos investigativos de química com materiais alternativos: desenvolvimento de um e-book e avaliação da aprendizagem no ensino médio**. 188 f. (Dissertação de Mestrado) Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

BONTEMS, V. **Bachelard**. Tradução de Nícia Adan Bonatte. São Paulo: Estação Liberdade, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 15 jul. 2023.

BRASIL. Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 maio 2016.

BRASIL, **Resolução Nº 196/96**, Comissão Nacional de Ética Em Pesquisa, Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 7 maio 2025.

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

BULCÃO, M. **O Raciocínio da Ciência contemporânea: Introdução ao pensamento de Gaston Bachelard**. Aparecida, SP: Ideais & Letras, 2009.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas em Psicologia**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 2, p. 513–518, dez. 2013.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. **Tutorial para uso do software IRAMUTEQ** (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2021. Disponível em: http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/Tutorial%20Iramuteq%20em%20portugues_22.11.2021.pdf/view. Acesso em: 15 set. 2025.

CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. Funções da química inorgânicas funcionam?. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 18-22, 1999.

CANTANHEDE, S. C. da S.; RIZZATTI, I. M.; CANTANHEDE, L. B. Panorama de la enseñanza de la química desde la perspectiva de la CTSA en el escenario brasileño: un análisis cualitativo a partir del software IRAMUTEQ. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad**, v. 17, p. 272–302, 2022. Disponível em: <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/348>. Acesso em: 29 ago. 2025.

CARDOSO, L. do N.; ABREU, C. A. A. de; ABREU, A. B. G. de; GUEDES, S. F. Diálogo docente e as dificuldades no ensino de funções inorgânicas. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 3, 2024.

CARDOSO, R. K. O. A.; SLLINGARDI H. M. T.; CARDOSO, A. A. Gases ácidos na atmosfera: fontes, transporte, deposição e suas consequências para o ambiente. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 382-385, 2020.

CHIRONE, A. R. R.; MOREIRA, M. A.; SAHELICES, C. C. Aprendizagem significativa crítica de equações do 2º grau no ensino remoto de uma escola federal brasileira. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 6, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/rencima/article/view/3167>. Acesso em: 05 abr. 2024.

COELHO, A. L. **Química inorgânica descritiva**. Fortaleza: EdUECE, 2015.

COELHO, S. A.; GASPARIN, J. L.; YAEHASHI, S. F. R.; FREIRE FRANÇA, F. Ensino e aprendizagem em química: revisão bibliográfica com uso do software Iramuteq. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 10, n. 1, p. 215–233, 2024. Disponível em: 10.53003/redequim.v10i1.6080. Acesso em 12 jun. 2025.

COSTA, A. F. S.; JÚNIOR, A. J. V.; GOBARA, S. T. 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**, v. 14, n. 2, p. 50-62, 2019.

COSTA, K. M. **A aprendizagem baseada em projetos no ensino de química promovendo aprendizagem significativa crítica**. 170 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química), Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha, ES - 2020.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, v. 45, p. 57-67, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/3822>. Acesso em: 12 jan. 2024.

DUIT, R. On The Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.

DURAZZINI, A. M. S.; MACHADO, C. H. M.; PEREIRA, A. C.; LIMA, M. C.; PEREIRA, A. M.; PERES, C. A. P. Ensino de química –algumas aulas práticas utilizando materiais alternativos. **REnCiMa**, v. 11, n. 6, p. 330-349, 2020.

FARIA, A. G. V; RECENA, M. C. P. **Superação de um obstáculo epistemológico**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2020.

FILGUEIRAS, J. de S.; PASSOS, B. S.; VASCONCELOS, A. K. P. 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**, Cascavel, v. 9, n. 2, 2025.

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

FRANCISCO, W.; SILVA, E. L.; WARTHA, E. A. Dos conhecimentos à regulação metacognitiva diálogos entre casos investigativos e formação continuada de professores de química. **Revista Alexandria**, v. 15, n.1, p. 37-61, 2022.

FROTA, E. B; VASCONCELOS, N. M. S. **Química Ambiental**. 2º ed, Editora da Universidade Estadual do Ceará, 2019.

GIL PEREZ, D; VALDES CASTRO, P. La Orientación de Las Prácticas de Laboratorio como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GIORDAN, M. **O papel da Experimentação no Ensino de Ciências**. In: Química Nova Escola, nº 10, pp. 43-49, 1999.

GOBBATO, K. **Aprendizagem significativa no ensino de química: o caso da experimentação em uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre polímeros sintéticos**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Caxias do Sul, Caxias do Sul- RS, 2018.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**. São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995

GOMES, A. L. **Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de Química em turma do ensino médio: uma pesquisa-ação**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. Universidade Federal de Santa Catarina – *Campus Araranguá*, 2019.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. A Construção do Conhecimento Químico por meio do Uso da Metodologia de Experimentação Investigativa. **Revista Debates Em Ensino De Química**, v. 8, n. 2, p. 31–40, 2022.

GULIS, G. **Ensino interdisciplinar da fotossíntese: interfaces entre a aprendizagem significativa crítica e as comunidades de investigação**. 2022. 63 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade de Brasília (UnB), Brasília - DF, 2022.

HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. **Educational philosophy and theory**, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de la laboratório. **Enseñanza delas Ciencias**, v. 12, n 3, p. 299-313, 1994.

HOUSE, James E. **Inorganic Chemistry**. Burlington: Academic Press, 2008.

IPCC. **Working Group One. Climate Change 2021: The Physical Science Basis** EUA, 2021.

JORDÃO, G. M.; KRAFT, A. L. C.; GIRARDI, G. C. S.; SILVA, A. R. da. Desafios epistemológicos no uso de tecnologias na educação: uma análise baseada em Bachelard. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 7, 2024.

- JUNGES, A. L.; MASONI, N. T. O Consenso Científico sobre Aquecimento Global Antropogênico: Considerações Históricas e Epistemológicas e Reflexões para o Ensino dessa Temática. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 455–491, 2018.
- JÚNIOR, W. A. S.; PIRES, D. A. T.; A química dos refrigerantes em uma abordagem experimental e contextualizada para o ensino médio. **Revista Scientia Plena**, v. 15, n. 3, 2019.
- LEAL, M. C. **Didática da Química**: Fundamentos e práticas para o ensino médio. Belo Horizonte: Dimensão, 2009.
- LEÃO, D. F.; SANTOS, T. M. M.; SOUZA, R. R de. O olhar do aluno sobre o contexto do estudo da química e da possibilidade de transformação. **Revista de Educação Pública**, v. 29, n. 1, p. 1-20, 2020.
- LEITE, B. S. Kahoot! e Socrative como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química. **Revista Química nova na escola**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 147-166, 2020.
- LEITE, B. S. Podcasts para o ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 45, p. 101-108, 2023.
- LEITE, J. C.; JÚNIOR, C. A. O. M.; RODRIGUES, M. A. Argumentações de um grupo de professores acerca do uso de atividades investigativas. **Revista Insignare Scientia -RIS**, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2018.
- LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las ciencias**, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.
- LIMA, J.; CARDOSO, A. Dificuldades de aprendizagem em Química: desafios no ensino de funções inorgânicas. **Caderno de Ensino de Ciências Naturais**, v. 7, n. 2, p. 180-195, 2022.
- LIMA, J. A. *et al.* Avaliação da aprendizagem em química com uso de mapas conceituais. **Thema**, Ceará (Fortaleza), v. 14, n. 2, p.194-208, nov. 2017.
- LIMA, M. A. M.; MARINELLI, M., A Epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. **Revista de Ciências Humanas**. v. 45, n. 2, p. 393-406, 2011.
- LÔBO, S. F. O ensino de Química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p 89-100, 2008.
- LÔBO, S. F.; MORADILLO, E. F., Epistemologia e a Formação Docente. **Química Nova na Escola**. v. 17, p. 39-41, 2003.
- LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar**: ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.
- LOPES, A. R. C. **Currículo e Epistemologia**. Ijuí: Editora Unijuí. 232p. Coleção Educação em Química, 2007.
- LOPES, A. R. C. **Historia y Epistemologia de Las Ciencias**. 11,3, p. 324-330, 1993a.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência Química. Obstáculos Animistas e Realista. **Química Nova**, 15, 3, p. 254-261, 1992.

LOPES, A. R. C. Livros Didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da Ciência Química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 74, n. 177, p.309- 334, 1993b.

LUDKE, M; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LUNETTA, V. N. The school science laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching. **International handbook of science education**, p. 349-264, 1998.

MALDONADO, K. K. Á.; SUDÉRIO, F. B. Metodologias de intervenção pedagógica no ensino de temáticas sobre sexualidade no Ensino Médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 1–24, 2021. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/rencima/article/view/2962>. Acesso em: 15 maio. 2024.

MATEUS, P. G; FERREIRA, L. H. 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**, v. 20, n. 1, p. 73-98, 2021.

MATEUS, P. G. **Levantamento de modelos mentais para verificação de aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio químico em licenciandos em Química**. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de São Carlos - São Paulo, 2019.

MAZARIN, S. M. **Polarímetro de baixo custo: uma proposta para o ensino significativo de atividade óptica e isomeria óptica no ensino médio**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS, 2021.

MEDEIROS, C. E.; RODRIGUEZ, R. C. M. C.; SILVEIRA, D. N. **Ensino de Química: superando obstáculos epistemológicos**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2016.

MEDEIROS, S. B. Química Ambiental. 3 ed. **Revista e ampliada**. Recife, 2005.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In K. Boersma, M. Goedhart, O. De Jong, & H. Eijkelhof (Eds.), **Research and the quality of Science Education**, p. 195-207, 2005.

MELO, K. G. A.; LEITE, B. S. Aplicativos de realidade aumentada como recursos didáticos digitais para o ensino de Química. **Revista Ciências & Ideias**, v. 16, n. 1, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2025.v16.2736>. Acesso em: 02 fev. 2025.

MESQUITA, J. B. **Sequência didática sobre cinética química: o uso de metodologias ativas como proposta pedagógica para o ensino de Química**. Dissertação (Mestrado). Urutaí, GO - 2023.

MIessler, Gary L.; FISCHER, Paul J.; TARR, Donald A. **Química inorgânica**. Tradução Ana Julia Perrotti-Garcia; revisão técnica Cid Pereira, André Luiz Bogado. 5. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade**, 22 ed. Petrópolis, Rio de Janeiro; Vozes, 2002.

MIRANDA, J. L.; GOMES, F.; ALMEIDA, C. D. de; GERPE, R. O Antropoceno, a educação ambiental e o ensino de Química. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20180126>. Acesso em: 15 out. 2023.

MOREIRA, D. S.; RANGEL, A. A.; RIBEIRO, A. V. F. N.; RIBEIRO, J. N. Crescimento de cristais: uma perspectiva para o ensino de química no ensino médio a partir da experimentação. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 12, n. 1, p. 59-73, 2023.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Lisboa (Peniche), 2010a.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, M. A. **Conjunto de artigos sobre possíveis estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa com o objetivo de subsidiar didaticamente o professor pesquisador, em particular da área de ciências**. 2º ed. Instituto de Física, Porto Alegre, 2016.

MOREIRA, M. A. **Ensino e Aprendizagem Significativa**. São Paulo, Editora: LF, 2017.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. 1. ed. São Paulo: Centauro, 2010b.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa –a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes Ltda, 1981.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011b.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem significativa?** *Qurrriculum*, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: < <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf> > Acesso em: 12 jan. 2021.

MOSSI, C. S.; VINHOLI JÚNIOR, A. J. O uso de mapas conceituais como estratégia de aprendizagem significativa no ensino de Química. **Acta Educ.**, v. 44, p. 1-15, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v44i1.53210>. Acesso em: 06 jun. 2024.

NASCENTES, C. C.; COSTA, L. M. **Química Ambiental**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

NASCIMENTO, M. **Princípios termoquímicos por meio da atividade experimental problematizada (AEP): uma proposta de aprendizagem significativa crítica**. 2022. 130 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Química). Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha - ES., 2022.

NOVAK, J. D. **Uma teoria da educação**. São Paulo: Pioneira, 1981.

NUNES, A. O.; LEITE, R. F. Aspectos de alfabetização científica e tecnológica presentes em projetos pedagógicos de cursos brasileiros de Química-Licenciatura. **Educación Química**, Cidade do México, v. 33, n. 3, p. 139-150, 2022.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81130>.

NUNES, P. P. **Contextualização e abordagem de conceitos químicos por meio da Química Forense: uma Sequência Didática para o ensino médio no ensino de Química**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2017.

ODETTI, H. S. **Os obstáculos epistemológicos em Ciências Exatas e da Natureza**. In: ALMEIDA, José Rubens Mascarenhas de; BERTONI, Luci Mara (Org.). Estado, política e sociedade: está o mundo de ponta-cabeça? Brasília, DF: Technopolitik, 2019. p. 151-168.

O'DONNELL, A. M.; DANSEREAU, D. F.; HALL, R. H. Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing. **Educational Psychology Review**, v. 14, p. 71-86, 2002.

OLIVEIRA, C. O.; ROSSI, A.; ALVES, E. R. Ensino híbrido aplicado na revisão de ácido-base de Arrhenius no ensino médio. **Educação Química En Punto De Vista**, v. 4, n. 1, 2020.

OLIVEIRA, J. A. B.; AQUINO, K. A. S.; CAVALCANTE, P. S. Estratégias com Aporte Tecnológico para Promoção da Aprendizagem Significativa Crítica no Ensino de Ciências. In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 2020, João Pessoa. **Anais**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p. 256–265, 2020.

PARENTE, L. T. S. **Bachelard e a química no ensino e na pesquisa**. da Universidade Federal do Ceará, Ed da UFC/Stylus Publicações, 1990.

PASSOS, B. S.; VASCONCELOS, A. K. P.; SILVEIRA, F. A. Ensino de Química e Aprendizagem Significativa: uma proposta de Sequência Didática utilizando materiais alternativos em atividades experimentais. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 5, n. 1, p. 610-630, 2022.

PASSOS, B. S.; VASCONCELOS, A. K. P. Perspectivas Docentes sobre Atividades Experimentais no Ensino de Química: uma Análise Exploratória. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 15, n. 1, p. 1–24, 2024.

PENA, G. B. O. **O conhecimento pedagógico de conteúdo de Química: caracterização de obstáculos epistemológicos na concepção de licenciandos em Química**. 2018. Tese (Doutorado em Química) – Curso de Pós -graduação da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

PEREIRA, E. A. F.; COSTA, L. F. M. Reflexões sobre obstáculos epistemológicos no desenvolvimento da cognição matemática na escola. **REMATEC**, Belém, v. 18, n. 43, 2023.

PEREIRA, B. C. **Proposta de uma atividade prática investigativa de química orgânica para o ensino médio** (Dissertação de Mestrado). Unidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba – MG, 2021.

PIMENTA, S. G.; ANASTASIOU, L. G. C. **Docência no Ensino Superior**. São Paulo: Cortez, 2014.

PIRES, D. R. G.; SÁ, L. P. A experimentação no ensino de cinética química: buscando indícios da aprendizagem significativa. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, p. 678-693, 2021.

PIRES, N. J.; CRUZ, S. F. Ciclo biogeoquímicos. *In.*: **A química e suas relações com o meio ambiente**. Uberaba: Pearson, 2011.

PRSYBYCIEM, M. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; SAUER, E.; Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.17, n. 3, 602-625, 2018.

PRUDÊNCIO, M. E. D. **Contribuições para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem da cinemática no Ensino Médio**. 2017. 249f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2017.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental?** São Paulo: Brasiliense, 1994.

ROCHA, N. M.; VASCONCELOS, A. K. P.; SAMPAIO, C. G. Os desafios do ensino de Química durante a adoção do ensino remoto ocasionado pela pandemia da COVID-19. **Revista Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 16, p. 1-10, 2022.

ROCHA, W. S. A. **Construção, aplicação e avaliação de um kit de experimentos para o ensino de eletrólitos**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP, 2014.

RAMOS, D. S.; FERNANDES, A. R.; ALVES, N. F. L.; ARAÚJO, G. A. O.; MIRANDA, M. L. D. **Funções inorgânicas em quadrinhos: uma ferramenta didática para o ensino de conceitos químicos no ensino médio**. In: ALMEIDA, Flávio Aparecido de (org.). Educação, música e artes: contribuições e desafios no contexto escolar. 1. ed. Guarujá-SP: Editora Científica Digital, 2022. v. 1, cap. 9, p. 123–135. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-5360-056-0.pdf>.

ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensinoaprendizagem do conceito átomo. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 27-31, 1996.

RUSSEL, John B. **Química geral**. Volume 2. São Paulo: McGraw-Hill, 1984.

SALVIATI, M. E. **Manual do aplicativo Iramuteq**. Planaltina: Embrapa, 2017. 93 p. Disponível em: <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-par-maria-elisabeth-salviati>. Acesso em: 29 ago. 2025.

SANTOS, J.; OLIVEIRA, N.; SANTOS, M. Aprendizagem de limites e continuidade em funções de uma variável real: um olhar para os obstáculos epistemológicos. **Quadrante**, v. 33,

n. 1, p. 72-96, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.48489/quadrante.33083>. Acesso em 15 jan. 2025.

SANT'ANNA, C. **Para ler Gaston Bachelard: ciência e arte**. Salvador: EDUFBA, 2010.

SANTOS, V. S.; RIZZATTI, I. M. Dificuldades da pesquisa em educação: um estudo de caso com estudantes do sudoeste do Amazonas e as possibilidades de diálogos interculturais. **REVISTA EDUCAÇÃO & EMANCIPAÇÃO**, v. 17, p. 356-371, 2024.

SANTOS, D. J. M.; SANTOS, P. V.; BOSS, S. L. B. A análise de conteúdo com apoio do software gratuito RQDA. **Revista Pesquisa Qualitativa**, São Paulo, v. 11, n. 28, p. 805–824, set./dez. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33361/RPQ.2023.v.11.n.28.612>. Acesso em 25 set. 2024.

SANTOS, G. G. **Aprendizagem significativa no ensino de química: experimentação e problematização na abordagem do conteúdo polímeros**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão Sergipe, 2017.

SANTOS, G. G.; RIBEIRO, T. N.; SOUZA, D. N. Aprendizagem significativa sobre polímeros a partir da experimentação e problematização. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 14, n. 30, p. 141–158, 2018.

SANTOS, J. C. F. dos. **Aprendizagem Significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor**. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

SILVA, C.; FERRI, K. C. F. Uma Sequência Didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27641-27655, 2020.

SILVA, E. V. B. da. **As abordagens Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino médio integrado em edificações: proposta de unidade de ensino para o estudo da gestão de resíduos da construção civil**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT), Mossoró, RN, 2021.

SILVA, L. A.; LARENTIS A. L.; CALDAS, L. A.; RIBEIRO, M. G. L.; ALMEIDA, R. V.; HERBST M. H. Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das “Funções Inorgânicas”. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 261-268, 2014.

SILVA, L. P.; BEDI, E. O que há sobre experimentação problematizadora em revistas brasileiras de ensino de química? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 314-334, 2025.

SILVA, R. K. D. **As funções inorgânicas e a atividade experimental problematizada sobre o tema gerador rocha mármore**. Dissertação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – Campus Vila Velha, IFES, 2022.

SILVA, R. S. **Caminhos de reação**: uma sequência didática para o processo de ensino e aprendizagem de taxa de desenvolvimento da reação. 154f. Dissertação de Mestrado. Natal : UFRN, 2019.

SILVA, W. A. *et al.* A utilização do indicador natural para a aplicação de uma atividade experimental no ensino de química. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 16859-16871, 2020.

SILVEIRA, F. A.; NUNES, A. O. **Quivelha**: uso de um jogo didático no ensino de Química na temática tabela periódica e ligações químicas interatômicas. In: VASCONCELOS, A. K. P.; PASSOS, B. S.; WARTHA, E. J. (org.). Pesquisas em ensino de química: abordagens, reflexões e práticas. São Paulo: LF Editorial, 2024.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; ALMEIDA, S. N.; NETO, M. B. Investigação dos obstáculos epistemológicos no Ensino de Química: uma abordagem no tópico modelos atômicos. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 9, n. 1, 2019. Disponível em: srvapp2s.santoangelo.uri.br/seer/index.php/encitec/article/view/2253/pdf-2253. Acesso em 11 maio. 2021.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; SAMPAIO, C. G. Análise do jogo MixQuímico no ensino de química segundo o contexto da teoria da aprendizagem significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/8153>. Acesso em: 10 maio. 2022.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; NUNES, A. O. Identificação e análise dos obstáculos epistemológicos nos conceitos de ácidos, bases e óxidos no ensino de Química. **REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS**, v. 20, n. 1, p. 1-20, 2025b.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P. The use of Concept Maps as an evaluative resource in the theme Acid Rain in Higher Education. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 5, p. 1–23, 2022.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; NUNES, A. O. Uma sequência didática na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica sob a investigação de ácidos e bases: análise dessa vertente epistemológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 31, 2025a.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P. Uma revisão sistemática da literatura da inter-relação entre experimentação e aprendizagens significativas no ensino da química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 22, n. 3, p. 484-507, 2023.

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

SOUZA, P. V. T.; GONÇALVES, E. A.; SOUZA, D. R.; AMAURO, N. Q. Júri Simulado como Estratégia de Intervenção Pedagógica para o Ensino de Química. **Revista Debates Em Ensino De Química**, 5(1 ESP), p. 5–15, 2019.

SOUZA, P. V. T. *et al.* Júri simulado como estratégia de intervenção pedagógica para o ensino de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, n. 1, p. 5-15, 2019.

SOUZA, T. A. Experimentação no ensino de Química: A urgência do debate epistemológico na formação inicial de professores. **Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 335-358, 2021.

SPIRIO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. 2º ed. Editora Pearsons Universidade, 2008.

TASHAKKORI, A. M.; CRESWELL, J. W. The new era of mixed methods. **Journal of Mixed Methods Research**, Michigan, v. 1, n. 3, p. 4–7, 2007. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2345678906293042>. Acesso em: 29 ago. 2025.

TRINDADE, D. J.; NAGASHIMA, L. A.; ANDRADE, C. C. Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de bachelard. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17829-17843, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-050>. Acesso em 22 out. 2023.

VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M. A.; ACEVEDO DÍAZ, J. A.; CEVEDO-POMERO, P. Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 27, p. 34-50, 2008.

VELANES, D. Alguns aspectos sobre o novo espírito científico na epistemologia de Gaston Bachelard. **Saberes**, v. 1, n. 1, p. 66-82, 2017.

APÊNDICE A - TCLE

Pesquisador: Felipe Alves Silveira
Orientadora: Ana Karine Portela Vasconcelos

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Este estudo tem como questionamento norteador: “A aplicação da Sequência Didática (SD) pode ser recomendada para superar eventuais obstáculos epistemológicos (OE) identificados no assunto dos compostos inorgânicos (ácidos, bases e óxidos) no contexto do tema gerador Chuva Ácida?” Com isso, esta pesquisa tem como objeto de estudo os OE estudados por Gaston Bachelard haja vista uma aprendizagem significativa crítica. Ademais, a pesquisa tem como objetivo geral investigar possíveis OE à luz de Gaston Bachelard, sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) no ensino dos conceitos correlatos dos compostos ácidos e bases, de acordo com o químico Arrhenius, e óxidos, tendo como aporte o tema gerador Chuva Ácida, para posteriormente superá-los. A pesquisa tem como público-alvo um grupo de estudantes do Ensino Médio da rede regular de ensino da terceira série. A pesquisa tem os seguintes objetivos específicos:

- * Identificar os OE na concepção dos estudantes em relação à classe de compostos inorgânicos ácidos, bases e óxidos.
- * Implementar uma SD alinhada à TASC, com o propósito de minimizar/superar aqueles já identificados.
- * Constatar indícios de uma ASC por meio do uso do software IRaMuTeQ na análise dos textos elaborados pelos estudantes com o uso de um mapa conceitual.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a fazer o preenchimento de questionários e gravação de entrevista em áudio. Estes procedimentos descritos acima ocorrerão nas dependências da EEM Dona Júlia Alves Pessoa, respeitando o horário normal das aulas dentro do seu turno que está matriculado, logo não sendo necessário o deslocamento à escola em outros períodos. Somente o pesquisador terá acesso ao material coletado e a identidade dos participantes será mantida em sigilo absoluto. A aplicação de questionários devem ocorrer no período de uma aula (50 minutos).

Para garantir que sua participação seja voluntária, consciente e autônoma, veja os seguintes aspectos que serão assegurados:

- * Você receberá explicações claras, objetivas e completas sobre os objetivos da pesquisa, os métodos de coleta de dados e os possíveis riscos e benefícios envolvidos. Essas informações serão fornecidas verbalmente e por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento.

*Os termos serão apresentados e assinados antes do início da coleta de dados, permitindo esclarecer quaisquer dúvidas. Você terá tempo suficiente para ler o documento, tirar dúvidas e, apenas após estar plenamente informado, decidir se deseja assinar.

* Aos participantes será resguardado o direito a não responder qualquer questão apresentada nos questionários ou na entrevista, sem necessidade de justificativa, podendo encerrar sua participação a qualquer momento da pesquisa.

* Todas as informações fornecidas serão tratadas de maneira confidencial e utilizadas exclusivamente para os fins descritos na pesquisa.

* O tempo e o local para a realização das atividades de coleta serão ajustados para respeitar a disponibilidade e o seu conforto.

* A previsão do período de apresentação da proposta de pesquisa, coleta e análise de dados será de 03 de Fevereiro a 16 de Maio de 2025.

* O período de análise e interpretação dos dados, elaboração das discussões, correção, formatação e finalização para a divulgação dos resultados da tese estender-se-á de 17 de Maio a 31 de Outubro de 2025.

Armazenamento de dados:

Os dados coletados, incluindo os questionários preenchidos e as entrevistas de áudio, serão armazenados de forma segura e protegida por um período mínimo de cinco anos após o término da pesquisa, em conformidade com a legislação vigente. Os dados em formato físico, no caso questionários, serão mantidos em um local seguro, protegido por chave, acessível apenas aos pesquisadores diretamente envolvidos no estudo. Os dados em formato digital serão armazenados em dispositivos criptografados e protegidos por senha, hospedados em servidores seguros e com acesso restrito. Será garantida a anonimização dos dados, de modo que as informações pessoais dos participantes não sejam associadas diretamente às respostas ou depoimentos. Após o período mínimo de cinco anos, os dados serão descartados de forma definitiva e segura. Para dados físicos, será realizada a destruição por meio de fragmentação ou incineração.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deve participar deste estudo se sentir algum tipo de desconforto dentro das dependências do laboratório de química ou possuir impossibilidade de seguir as orientações do pesquisador, pois essa pesquisa envolve a participação em aulas práticas experimentais, que estão inseridas no componente curricular da disciplina em que será desenvolvido o estudo. Esse desconforto pode estar associado a ansiedade e ao nervosismo. Ao estar dentro do laboratório para a realização das aulas experimentais dessa pesquisa, o sujeito está exposto aos seguintes riscos:

• Risco de acidente

Este risco coloca em perigo a integridade e o bem-estar físico e moral do profissional que trabalha dentro do local. Os maiores riscos estão associados a máquinas e equipamentos que podem causar incêndios e explosões. Acidentes mais comuns: queimaduras, cortes e perfurações. Esse risco é classificado como mínimo, pois não será manuseado diretamente nenhum equipamento dessa natureza.

• Riscos ergonômicos

Acontecem devido aos esforços repetitivos que prejudicam a postura do profissional, causando lesões graves e que podem afetar a realização de suas atividades laboratoriais. São considerados riscos ergonômicos todas as ações que podem interferir nas características

psicofisiológicas do profissional. Os melhores exemplos desses riscos são: levantamento de peso, execução de movimentos repetitivos e postura incorreta do trabalhador durante a execução de suas funções. Esse risco é classificado como mínimo.

- **Riscos físicos**

O risco físico pode ser gerado por máquinas e condições físicas inadequadas, tais como: pressões anormais, temperaturas extremas de frio ou calor, ruídos e vibrações, umidade, radiações ionizantes e não ionizantes. Esse risco é classificado como mínimo, pois os sujeitos não serão expostos diretamente a tais condições citadas anteriormente.

- **Riscos químicos**

Estão relacionados com a exposição do profissional a agentes ou substâncias químicas na forma líquida, gasosa ou em forma de partículas encontradas na poeira, no mineral e no vegetal, podendo ser penetradas vias respiratórias, pele ou ser ingeridas. Esse risco é classificado como baixo, visto que os sujeitos não irão manejar reagentes químicos puros e tóxicos. Tudo acontecerá com a devida supervisão do pesquisador e mediante a utilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) que serão descritos posteriormente.

- **Riscos biológicos**

Está relacionado ao manuseio ou contato com materiais biológicos e/ou animais infectados com agente biológicos nocivos como: bactérias, fungos, vírus e protozoários. Este tipo de risco é responsável por uma série de doenças que podem prejudicar a saúde do profissional. Esse risco é identificado como mínimo, visto que nenhum dos itens descritos acima fazem parte da aula experimental dessa pesquisa.

Para evitar qualquer tipo de riscos existentes dentro desse ambiente, todos os sujeitos da pesquisa devem seguir as normas técnicas e legais e utilizar os EPIs mais adequados para a sua proteção. São indicados para esse tipo de atividade os seguintes EPIs:

- Luvas descartáveis de nitrílica, borracha ou látex;
- Máscara descartável;
- Óculos de proteção.

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa você terá benefício direto, pois irá contribuir positivamente no processo de ensino e aprendizagem na área da Química mediante às atividades desenvolvidas haja vista fugirem do modelo tradicional de ensino veementemente criticado. Poderá também despertar um afã em aprender mais, no qual a metodologia e os recursos utilizados promoverão um excelente estímulo para que vocês sejam protagonistas na construção e no aprimoramento do saber, num conjunto de atividades que visam à autonomia, considerando os seus saberes prévios, e ao pensamento reflexivo e crítico. Este estudo trará informações importantes sobre a problemática dos OE no âmbito escolar para os professores em geral, de forma na qual o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possa subsidiar futuras adesões a mesma metodologia, no qual há comprometimento a divulgar os resultados obtidos.

Acompanhamento e assistência:

Caso o participante necessite de algum acompanhamento ou assistência poderá solicitar aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa. Se assim o desejar, poderá solicitar a interrupção da participação na pesquisa, se a mesma estiver lhe causando algum desconforto. Em caso de acidentes ou emergências durante a pesquisa, o participante receberá assistência

ampla e irrestrita, conforme suas necessidades. Todos os participantes terão direito a acompanhamento psicopedagógico, seja em rede pública ou privada, sob total responsabilidade dos pesquisadores.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores

* Felipe Alves Silvera; e-mail: felipesilveiraquimica@gmail.com, endereço Travessa José Onofre, número 100, Bairro Novo Mondubim, Cep 60763-790, Fortaleza-Ceará, telefone 085999626146.

* Ana Karine Portela Vasconcelos, e-mail: karine_portela@hotmail.com, endereço Rua Profeta Daniel, número 162, Bairro Maraponga, Residencial ouro verde, Cep: 60710-695, Fortaleza- Ceará, telefone 085999092381.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs as 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao

participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do pesquisador: Felipe Alves Silveira

[Assinatura do pesquisador]

Data: ____/____/____.

APÊNDICE B - TERMO DE ASSENTIMENTO

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “Análise de obstáculos epistemológicos inerentes ao tema chuva ácida sob a perspectiva da teoria da aprendizagem significativa crítica”.

Neste trabalho, queremos saber se a aplicação de uma Sequência Didática (SD) pode ser recomendada para superar eventuais obstáculos epistemológicos (OE) identificados no assunto dos compostos inorgânicos (ácidos, bases e óxidos) no contexto do tema gerador Chuva Ácida.

Participando do estudo você está sendo convidado a fazer o preenchimento de questionários. Estes procedimentos descritos acima ocorrerão nas dependências da EEM Dona Júlia Alves Pessoa, respeitando o horário normal das aulas dentro do seu turno que está matriculado, logo não sendo necessário o deslocamento à escola em outros períodos. Somente o pesquisador terá acesso ao material coletado e a identidade dos participantes será mantida em sigilo absoluto. A aplicação de questionários devem ocorrer no período de uma aula (50 minutos).

Para garantir que sua participação seja voluntária, consciente e autônoma, veja os seguintes procedimentos:

- * Você receberá explicações claras, objetivas e completas sobre os objetivos da pesquisa, os métodos de coleta de dados e os possíveis riscos e benefícios envolvidos. Essas informações serão fornecidas verbalmente e por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento.

- * Os termos serão apresentados e assinados antes do início da coleta de dados, permitindo esclarecer quaisquer dúvidas. Você terá tempo suficiente para ler o documento, tirar dúvidas e, apenas após estar plenamente informado, decidir se deseja assinar.

- * Aos participantes será resguardado o direito a não responder qualquer questão apresentada nos questionários, sem necessidade de justificativa, podendo encerrar sua participação a qualquer momento da pesquisa.

- * Todas as informações fornecidas serão tratadas de maneira confidencial e utilizadas exclusivamente para os fins descritos na pesquisa.

- * O tempo e o local para a realização das atividades de coleta serão ajustados para respeitar a disponibilidade e o seu conforto.

- * O período de análise e interpretação dos dados, elaboração das discussões, correção, formatação e finalização para a divulgação dos resultados da tese estender-se-á de 17 de Maio a 31 de Outubro de 2025.

Ao participar desta pesquisa você terá benefício direto, pois irá contribuir positivamente no processo de ensino e aprendizagem na área da Química mediante às atividades desenvolvidas haja vista fugirem do modelo tradicional de ensino veementemente criticado. Poderá também despertar um afã em aprender mais, no qual a metodologia e os recursos utilizados promoverão um excelente estímulo para que vocês sejam protagonistas na construção e no aprimoramento do saber, num conjunto de atividades que visam à autonomia, considerando os seus saberes prévios, e ao pensamento reflexivo e crítico.

Você não deve participar deste estudo se sentir algum tipo de desconforto dentro das dependências do laboratório de química ou possuir impossibilidade de seguir as orientações do pesquisador, pois essa pesquisa envolve a participação em aulas práticas experimentais, que estão inseridas no componente curricular da disciplina em que será desenvolvido o estudo. Esse desconforto pode estar associado a ansiedade e ao nervosismo.

A pesquisa será feita na EEM Dona Júlia Alves Pessoa onde os estudantes participarão de aulas teóricas, destinadas à exposição do conteúdo, atividades experimentais e uma avaliação que irá verificar a eficácia da metodologia. Todos os materiais que serão utilizados são seguros. Há coisas boas que podem acontecer como conhecer novas formas de aprender Química, o que pode ser divertido e muito interessante.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados para que outros professores possam melhorar a forma como ensinam o assunto, mas sem identificar as pessoas que participaram.

CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu _____ aceito participar da pesquisa “Análise de obstáculos epistemológicos inerentes ao tema chuva ácida sob a perspectiva da teoria da aprendizagem significativa crítica”, que tem como objetivo principal mensurar a evolução da aprendizagem dos alunos com a utilização da teoria da aprendizagem significativa crítica através de um conjunto de atividades.

Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e está tudo bem. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Fortaleza, _____ de _____ de 2025.

Assinatura do estudante

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE/PÓS-TESTE

Caro participante da investigação este questionário possui como objetivo identificar os possíveis saberes prévios referentes à temática chuva ácida consoante aos conceitos iniciais sobre ácidos, bases e óxidos. A letra de identificação é a forma como será usada na pesquisa para preservar seu anonimato, logo será escolhida uma de forma aleatória.

LETRA DE IDENTIFICAÇÃO: _____

A – IDENTIFICAÇÃO

- Marque um X em qual gênero você se identifica.

Sexo	Identificação
Masculino	
Feminino	
Outro	

B – DADOS RELACIONADOS AOS CONHECIMENTOS DO ASSUNTO

1º) Considerando os processos químicos que ocorrem no sistema digestório humano, especialmente aqueles relacionados à quebra dos alimentos, responda à seguinte questão: qual das substâncias a seguir é encontrada no nosso estômago que ajuda na digestão dos alimentos?

- A) HCl.
- B) NaOH.
- C) H_2SO_4 .
- D) $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Explique no espaço abaixo a(s) razão(ões) de escolha do item que considera correto.

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) $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
- B) HCl.
- C) CO.

D) HNO_3 .

Explique no espaço abaixo a(s) razão(ões) de escolha do item que considera correto.

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.

Explique no espaço abaixo a(s) razão(ões) de escolha do item que considera correto.

4º) Fale sobre as principais características das substâncias ácidas e básicas.

5º) (ENEM 2011) Em 1872, Robert Angus Smith criou o termo “chuva ácida”, descrevendo precipitações ácidas em Manchester após a Revolução Industrial. Trata-se do acúmulo demasiado de dióxido de carbono e enxofre na atmosfera que, ao reagirem com compostos dessa camada, formam gotículas de chuva ácida e partículas de aerossóis. A chuva ácida não necessariamente ocorre no local poluidor, pois tais poluentes, ao serem lançados na atmosfera, são levados pelos ventos, podendo provocar a reação em regiões distantes. A água de forma pura apresenta pH 7, e, ao contatar agentes poluidores, reage modificando seu pH para 5,6 e até menos que isso, o que provoca reações, deixando consequências. (Disponível em: <http://www.brasilecola.com>. Acesso em: 18 maio 2010 (adaptado))

O texto aponta para um fenômeno atmosférico causador de graves problemas ao meio ambiente: a chuva ácida (pluviosidade com pH baixo). Esse fenômeno tem como consequência:

- A) a corrosão de metais, pinturas, monumentos históricos, destruição da cobertura vegetal e acidificação dos lagos.
- B) a diminuição do aquecimento global, já que esse tipo de chuva retira poluentes da atmosfera.
- C) a destruição da fauna e da flora, a redução dos recursos hídricos, com o assoreamento dos rios.
- D) as enchentes, que atrapalham a vida do cidadão urbano, corroendo, em curto prazo, automóveis e fios de cobre da rede elétrica.
- E) a degradação da terra nas regiões semiáridas, localizadas, em sua maioria, no Nordeste do nosso país.

Explique no espaço abaixo a(s) razão(ões) de escolha do item que considera correto.

6º) (ENEM 2021) No cultivo por hidroponia, são utilizadas soluções nutritivas contendo macronutrientes e micronutrientes essenciais. Além dos nutrientes, o pH é um parâmetro de extrema importância, uma vez que ele afeta a preparação da solução nutritiva e a absorção dos nutrientes pelas plantas. Para o cultivo de alface, valores de pH entre 5,5 e 6,5 são ideais para o seu desenvolvimento. As correções de pH são feitas pela adição de compostos ácidos ou básicos, mas não devem introduzir elementos nocivos às plantas. Na tabela, são apresentados alguns dados da composição da solução nutritiva de referência para esse cultivo. Também é apresentada a composição de uma solução preparada por um produtor de cultivo hidropônico.

Espécies químicas		Concentração, mmol/L	
		Composição de referência (5,5 < pH < 6,5)	Solução nutritiva preparada (pH = 4,3)
Macronutrientes	N (NH_4^+)	1,0	0,8
	P (H_2PO_4^-)	1,0	1,0
	K ⁺	6,0	3,5
	Ca ²⁺	4,0	3,0
	SO ₄ ²⁻	2,0	1,0
Micronutrientes	Fe ²⁺	90×10^{-3}	70×10^{-3}
	Cl ⁻	-	$4,5 \times 10^{-3}$

LENZI, E; FAVERO, L. O. B; LUCHESE, E. B. Introdução à química da água: ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2012 (adaptado).

Para correção do pH da solução nutritiva preparada, esse produtor pode empregar uma solução de

- A) ácido fosfórico, H_3PO_4 .
- B) sulfato de cálcio, CaSO_4 .
- C) óxido de alumínio, Al_2O_3 .
- D) cloreto de ferro (II), FeCl_2 .
- E) hidróxido de potássio, KOH .

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO REFERENTE À ESCALA LIKERT

*** Legenda:**

C - CONCORDO D - DISCORDO NS - NÃO SEI OPINAR.

Número da declaração	Declaração	C	D	NS
1	Um dos ácidos responsáveis pela chuva ácida é o ácido nítrico.			
Justificativa				
2	A causa da diminuição brusca do pH da água da chuva é o aumento da acidez dos rios.			
Justificativa				
3	A chuva já é naturalmente ácida devido a formação do ácido carbônico.			
Justificativa				
4	Se o pH for maior que ($\text{pH} > 7$) a substância é alcalina, se for menor que 7 ($\text{pH} < 7$) é ácida.			
Justificativa				
5	É possível identificar apenas produtos de natureza ácida utilizando indicador natural.			
Justificativa				
6	A água é considerada um solvente universal e classifica-se como um óxido.			

Justificativa				
7	Uma consequência da chuva ácida é a poluição devido aos óxidos, compostos que não tem oxigênio.			
Justificativa				
8	A amônia (NH ₃), utilizada principalmente como fertilizante, é um exemplo de base.			
Justificativa				
9	Pikachu verificou que as bases terminam com a hidroxila (OH).			
Justificativa				
10	Verificou-se que os ácidos começam com o elemento químico hidrogênio na sua fórmula molecular.			
Justificativa				
11	Os ácidos reagem com as bases e vice-versa, cuja reação é chamada de neutralização.			
Justificativa				
12	Segundo Galisbeuda, todos os ácidos possuem sabor azedo e as bases sabor adstringente.			

Justificativa

APÊNDICE E - HQ

HQ, extraída do trabalho de Ramos *et al.* (2022), aplicada na aula expositiva e dialogada.

Parte 1 da leitura



Fonte: Ramos *et al.* (2022).



Fonte: Ramos *et al.* (2022).