

DOI: <https://doi.org/10.48075/ReBECeM.2025.v.9.n.2.34688>

EXPLORANDO FUNÇÕES INORGÂNICAS E O FENÔMENO DA CHUVA ÁCIDA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM O USO DO SIMULADOR PHET

EXPLORING INORGANIC FUNCTIONS AND THE PHENOMENON OF ACID RAIN: A PROPOSAL FOR A TEACHING SEQUENCE USING THE PHET SIMULATOR

Joyce de Sousa Filgueiras¹

Blanchard Silva Passos²

Ana Karine Portela Vasconcelos³

Resumo: No ensino de Química, é frequente observar dificuldades por parte dos alunos, muitas vezes associadas a metodologias descontextualizadas, que favorecem a memorização em detrimento da compreensão. Nesse sentido, este estudo visa apresentar uma abordagem para o ensino das funções inorgânicas, utilizando as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) propostas por Moreira e fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel, com o propósito de promover uma aprendizagem mais contextualizada e significativa. A metodologia incluiu a elaboração de uma UEPS centrada no tema das funções inorgânicas para o Ensino Médio, com discussões sobre o fenômeno da chuva ácida. Para alcançar esse objetivo, foram utilizados o simulador PhET e a análise de notícias recentes, visando contextualizar os conceitos teóricos apresentados. De modo, espera-se que este trabalho auxilie docentes na abordagem da temática de funções inorgânicas, contribuindo para a construção de uma aprendizagem significativa, além de despertar novas ideias para futuros trabalhos.

Palavras-chave: Funções Inorgânicas; Chuva ácida; Unidades de Ensino Potencialmente Significativas; Teoria da Aprendizagem Significativa.

Abstract: In Chemistry education, students often face difficulties, frequently linked to decontextualized teaching methodologies that emphasize memorization rather than conceptual understanding. This study proposes an approach to teaching inorganic functions through the use of Potentially Meaningful Teaching Units (PMTUs), as proposed by Moreira and grounded in Ausubel's Theory of Meaningful Learning (TML). The aim is to foster more contextualized and meaningful learning experiences. The methodology involved the design of a PMTU focused on inorganic functions for high school students, incorporating discussions on the phenomenon of acid rain. To support this approach, the PhET interactive simulator and the analysis of recent news reports were employed to contextualize the theoretical content. It is hoped that this work will support teachers in addressing the topic of inorganic functions, contribute to the development of meaningful learning, and inspire new strategies for future educational practices.

¹ Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Bolsista CAPES. Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: joycesousa2011@gmail.com

² Doutorando em Ensino pela Rede Nordeste de Ensino (RENOEN), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: blanchard.passos91@aluno.ifce.edu.br

³ Doutora em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: karine@ifce.edu.br

Keywords: Inorganic functions; Acid rain; Potentially Meaningful Teaching Units; Theory of Meaningful Learning.

1 Introdução

As funções inorgânicas compreendem um grupo de substâncias químicas classificadas com base em suas características e propriedades semelhantes. Essas funções, que englobam ácidos, bases, sais e óxidos, desempenham papéis essenciais em nossa vida cotidiana e possuem aplicações significativas em diversos campos da ciência e da indústria. Por exemplo, o ácido sulfúrico (H_2SO_4) é amplamente utilizado na produção de fertilizantes e corantes; o hidróxido de sódio (NaOH), uma base, é empregado na indústria para a fabricação de sabões e detergentes; o cloreto de sódio (NaCl), conhecido como sal de cozinha, é utilizado para temperar e conservar alimentos; e o dióxido de carbono (CO_2), um óxido, é utilizado como agente extintor em sistemas de combate a incêndios (Housecroft; Sharpe, 2013; Passos; Vasconcelos, 2023a).

De acordo com a Teoria ácido-base de Arrhenius, ácidos são definidos como substâncias que, quando dissolvidas em água, aumentam a concentração de íons H^+ (ou H_3O^+) na solução. Já as bases são aquelas que, em meio aquoso, elevam a concentração de íons OH^- (Brown; LeMay; Bursten, 2005).

Além desses, outros compostos inorgânicos frequentemente abordados no ensino de Química incluem os sais e os óxidos. Sais são compostos iônicos formados, em geral, pela reação de neutralização entre ácidos e bases, resultando em cátions diferentes de H^+ e ânions diferentes de OH^- . Já os óxidos são compostos binários formados entre o oxigênio e outro elemento, sendo classificados conforme seu caráter ácido ou básico, de acordo com a natureza do elemento ao qual o oxigênio está ligado (Feltre, 2008; Lisboa, 2010).

No contexto educativo, especificamente no Ensino de Química, torna-se essencial estabelecer conexões significativas entre os conceitos e a realidade dos alunos (Santos *et al.*, 2023). Diante disso, Moreira (2011b) propõe o desenvolvimento de sequências de ensino conhecidas como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), projetadas para favorecer uma Aprendizagem Significativa. Essa abordagem, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (2000), visa melhorar a compreensão dos alunos ao utilizar uma sequência didática

estruturada que estimula sua participação ativa e facilita a aplicação dos conceitos em diversas situações.

Consoante Candido e Herbst (2022), a utilização de temáticas relevantes nas aulas de Química são uma alternativa promissora, pois não só contribuem para o processo de ensino-aprendizagem do conhecimento sistematizado, mas também para a formação de cidadãos conscientes e ativos na sociedade. Ao ensinar funções inorgânicas, essa conexão pode ser facilitada ao explorar temas como a formação da chuva ácida e seus efeitos ambientais. Isso pode favorecer a ocorrência de uma aprendizagem mais significativa dos conceitos químicos, incentivando os alunos a refletirem sobre o impacto de suas ações no meio ambiente.

Além disso, concorda-se com Lima, Sá e Vasconcelos (2019) e com Filgueiras, Silveira e Vasconcelos (2023) quanto à necessidade de diversificar os recursos utilizados nas aulas de Química, indo além da utilização da lousa e do livro didático. A utilização de recursos didáticos digitais interativos, como as simulações virtuais do PhET *Interactive Simulations*, também se mostra como uma estratégia eficaz para potencializar a compreensão dos conceitos químicos, pois permitem aos alunos explorarem virtualmente as propriedades e comportamentos das substâncias, indo ao encontro da construção de uma Aprendizagem Significativa (AS) (Sampaio, 2017).

De acordo com a TAS de Ausubel (2000), a aprendizagem se torna significativa ao relacionar novos conhecimentos com os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva e com exemplos concretos do cotidiano dos alunos. Através dessas simulações, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar situações práticas, manipular variáveis e observar os resultados. Essa conexão não apenas torna o conteúdo mais tangível e compreensível, mas também os incentiva a refletirem sobre a importância desses conceitos em suas vidas e a compreenderem sua aplicação em diferentes contextos.

Nesse contexto, este trabalho parte da seguinte questão norteadora: de que modo uma proposta de sequência didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa, que integre o uso do simulador PhET e a temática da chuva ácida, pode contribuir para o ensino das funções inorgânicas no Ensino Médio?

Dado o exposto, objetivou-se desenvolver uma proposta de UEPS que integre o ensino das funções inorgânicas com a temática da chuva ácida, utilizando o software PhET como recurso pedagógico, com o objetivo de promover uma AS dos conceitos

químicos e estimular a reflexão de alunos do Ensino Médio sobre o impacto ambiental de suas ações.

2 Referencial Teórico

No contexto do ensino de Química, é comum observar não apenas dificuldades, mas também um considerável desinteresse por parte dos alunos. Esse desinteresse é, em grande medida, atribuído à adoção de uma metodologia de ensino frequentemente descontextualizada e carente de interdisciplinaridade. Estudos indicam que o Ensino de Química historicamente se baseia em atividades que priorizam a memorização de conteúdos e fórmulas, o que, por sua vez, contribui para a desmotivação e a falta de compreensão dos verdadeiros propósitos envolvidos no aprendizado e ensino dessa disciplina (Rocha; Vasconcelos, 2016).

A TAS, proposta por Ausubel (2000) e seus colaboradores, destaca a AS como seu conceito central. Nesse processo, a interação entre os conhecimentos prévios do aprendiz, chamados de subsunçores, e os novos conhecimentos é fundamental. Para que a AS ocorra de fato, é imprescindível que o estudante possua subsunçores específicos e apropriados em sua estrutura cognitiva, capazes de ancorar os novos conceitos que se pretende ensinar (Ausubel, 2000; Moreira, 2011a).

Silveira, Vasconcelos e Sampaio (2022) destacam que, segundo a TAS, cada indivíduo possui uma estrutura cognitiva preexistente, desenvolvida ao longo da vida, que desempenha um papel crucial na interação com novas informações. Essas informações são organizadas em uma hierarquia conceitual, que pode ser ajustada à medida que o indivíduo se depara com novos conhecimentos. Conforme Filgueiras, Silveira e Vasconcelos (2023), a acumulação de conhecimentos forma o que se denomina subsunçor — conceito previamente estruturado que atua como ponto de ancoragem para novos conteúdos. A partir dele, torna-se possível a ocorrência de uma aprendizagem compreensiva, caracterizada pela aquisição e retenção de estruturas cognitivas organizadas e estáveis.

Para que a AS ocorra, é necessário que haja uma interação entre os conhecimentos prévios do estudante e os novos conteúdos a serem aprendidos, ancorados por meio de um material potencialmente significativo, ou seja, que possa ser relacionado à estrutura cognitiva do aprendiz (Rodrigues; Silva, 2022). No entanto,

embora essencial, essa condição não é suficiente, conforme destacado por Moreira e Masini (2011), que asseveram que se faz imprescindível que o estudante também apresente uma predisposição para aprender, a qual não se resume à simples motivação, mas envolve uma atitude intencional e consciente de atribuir significados ao conteúdo, implicando na disposição ativa de relacionar o novo conhecimento com os saberes já estabelecidos, indo além da memorização mecânica e arbitrária.

Assim, mesmo diante de um material com alto potencial de significatividade, se o aprendiz estiver voltado apenas à repetição literal do conteúdo, o processo e o produto da aprendizagem tenderão a ser mecânicos e desprovidos de sentido (Moreira; Masini, 2011). Por outro lado, ainda que o estudante esteja predisposto a aprender, se o conteúdo apresentado não tiver relação com seus conhecimentos prévios ou não for estruturado de forma significativa, o resultado da aprendizagem poderá ser igualmente comprometido. Dessa forma, a aprendizagem significativa depende da convergência entre a qualidade do material didático e a atitude ativa do aluno em construir significados (Rodrigues; Silva, 2022; Moreira, 2016).

Diante desse contexto, Moreira (2011b) propõe uma sequência didática estruturada para a elaboração de intervenções pedagógicas denominadas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (2000), essas unidades têm como princípio a ideia de que o ensino só se concretiza plenamente quando resulta em aprendizagem, e que essa aprendizagem deve, necessariamente, ser significativa. As UEPS são compostas por um conjunto articulado de etapas, que incluem:

1. Escolha dos conteúdos: Inicia-se pelo processo de definição dos temas a serem abordados na unidade de ensino, determinando o tópico específico a ser estudado.
2. Investigação dos conhecimentos prévios: Em seguida, são criadas situações que permitam aos alunos acessar e compartilhar seus conhecimentos prévios sobre o tema em questão, proporcionando ao professor *insights* valiosos para a condução do processo de ensino.
3. Criação de situações introdutórias: Para estabelecer uma base sólida para o aprendizado, são propostas situações-problema que servem como organizadores prévios, despertando o interesse dos alunos e contextualizando os conteúdos de forma significativa.
4. Diferenciação progressiva: O conhecimento é apresentado de forma progressiva, partindo de conceitos mais gerais e abrangentes até alcançar aspectos mais

específicos e detalhados, garantindo que todos os alunos acompanhem o processo de aprendizagem.

5. Avanço de complexidade: Após a introdução dos conceitos gerais, ocorre uma retomada dos aspectos mais amplos de forma mais complexa, desafiando os alunos a aprofundarem sua compreensão e aplicação dos conhecimentos adquiridos.

6. Reconciliação integradora: Os conteúdos relevantes são revisitados e integrados por meio da proposição de novas situações-problema, promovendo uma revisão abrangente e a consolidação do aprendizado.

7. Avaliação da aprendizagem: Para verificar o progresso dos alunos, é realizada uma avaliação progressiva individual, que permite ao professor identificar o nível de compreensão e retenção dos conteúdos, bem como eventuais lacunas a serem trabalhadas.

8. Êxito da UEPS: Finalmente, busca-se evidências de AS por meio da análise dos resultados obtidos, levando em consideração não apenas o desempenho nas avaliações, mas também o engajamento dos alunos e sua capacidade de utilizar os conhecimentos de forma autônoma e reflexiva.

Nesse sentido, e reconhecendo a importância do conhecimento químico construído por meio do Ensino de Química na formação dos cidadãos, destaca-se a necessidade de aprimorar e adaptar as sequências didáticas utilizadas em sala de aula. As UEPS, propostas por Moreira (2011b), configuram-se como uma abordagem promissora, por buscarem assegurar que a aprendizagem seja, de fato, significativa.

3 Metodologia

Diante das crescentes demandas sociais, ambientais, tecnológicas e econômicas da atualidade, é essencial que o sistema educacional promova o desenvolvimento de habilidades e competências cruciais para a formação cidadã, como o pensamento crítico e reflexivo, a autonomia, a criatividade e a capacidade de colaboração e discussão. Integrar essas capacidades nos currículos e nas práticas pedagógicas é fundamental para preparar os estudantes para os desafios atuais e do futuro (Bedin, 2019; Filgueiras; Silveira; Vasconcelos, 2023).

Nesse contexto, desenvolveu-se um UEPS centrada no tema das funções inorgânicas para o Ensino Médio, tendo como ponto de partida a discussão sobre o fenômeno da chuva ácida. Os principais objetivos de aprendizagem desta UEPS são:

compreender os conceitos das funções inorgânicas e investigar o fenômeno da chuva ácida e suas consequências ambientais.

Consoante Moreira (2011b, p. 43), as UEPS “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a AS, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”. Dito isto, a UEPS apresentada fundamenta-se na TAS de Ausubel (2000) e em abordagens contemporâneas de ensino-aprendizagem.

Ademais, a SD proposta neste trabalho é constituída de aulas teóricas, práticas, avaliações e atividades coletivas, cuja execução foi planejada em oito etapas, a saber: Identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre as funções inorgânicas; exploração dos apontamentos feitos pelos alunos; introdução ao tema e construção de mapas conceituais (Novak; Cañas, 2010; Passos; Vasconcelos, 2023b); leitura, reflexões e questionamentos de uma situação-problema; utilização do simulador PhET para explorar visualmente o comportamento das substâncias e compreender reações e propriedades em contextos simulados; Explicação aprofundada do conteúdo; Construção de um mapa conceitual; e avaliação da UEPS. Esse processo visa não apenas a transmissão de conhecimento, mas também a promoção de uma compreensão profunda e contextualizada, permitindo que os estudantes internalizem e apliquem os conceitos aprendidos de maneira significativa.

3.1 Proposta de Sequência Didática

Etapa 1: No primeiro momento, é importante propor situações que permitam ao professor avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre substâncias classificadas como ácidos, bases, sais e óxidos, os quais podem ser pertinentes ou não ao contexto do conteúdo a ser ensinado (Passos; Vasconcelos, 2023a; 2023c). Esse levantamento das ideias prévias dos estudantes deve ocorrer por meio de uma discussão coletiva, promovendo um confronto entre as concepções individuais com os colegas, permitindo assim que os alunos compartilhem conhecimentos e percepções semelhantes sobre o conteúdo. Moreira (2011a) destaca que muitas estratégias e recursos didáticos só contribuem para a AS porque facilitam a negociação de significados, sendo essa troca ou "negociação" de significados essenciais para o processo de aprendizagem. No Quadro 1, encontram-se algumas sugestões de perguntas que o docente pode utilizar.

Nº	Questões
1	O que vocês entendem por ácidos? Podem dar exemplos de substâncias ácidas que vocês conhecem?
2	E sobre bases, o que vocês sabem? Conseguem citar exemplos de substâncias básicas?
3	Como vocês diferenciariam uma substância ácida de uma substância básica?
4	O que são sais? Vocês conseguem mencionar alguns sais comuns que conhecemos?
5	E óxidos, o que são? Conseguem pensar em exemplos de óxidos que encontramos no nosso cotidiano?
6	Vocês já ouviram falar sobre pH? O que sabem sobre esse conceito?
7	Como vocês acham que as substâncias ácidas, básicas, sais e óxidos podem interagir entre si? conseguem citar exemplos?

Quadro 1: Questões propostas para investigar o conhecimento prévio dos alunos sobre funções inorgânicas

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Durante essa etapa, o professor pode registrar as respostas dos alunos em um quadro, permitindo a visualização clara das diferentes concepções e facilitando a comparação e discussão entre elas. Essa prática também auxilia na organização das ideias e no acompanhamento do progresso da discussão.

Etapa 2: Após a etapa de levantamento dos conhecimentos prévios, o professor deve iniciar o segundo momento, dedicado à exploração dos apontamentos feitos pelos alunos sobre as funções inorgânicas, questionando cada ideia levantada e trazendo, quando necessário, uma nova perspectiva. Este momento tem como objetivo estabelecer relação entre os novos conhecimentos e aqueles já adquiridos pelo aprendiz, mas que podem não ser percebidos como relacionáveis aos novos conceitos.

Conforme asseveram Morás, Langwinski e Kaminski (2021), o papel do professor não se resume a transmitir informações. Em vez disso, é essencial auxiliar o aprendiz a dar sentido aos conteúdos, estabelecer conexões lógicas e psicologicamente significativas entre eles, e transformá-los em conhecimento sistematizado.

Mortimer e Machado (2001) destacam a importância de o professor oferecer oportunidades para os alunos expandirem seus conhecimentos existentes, ao mesmo tempo em que reconhecem que essas oportunidades podem levar ao desenvolvimento de conhecimentos paralelos aos já possuídos pelos alunos, resultando em um acervo diversificado de conceitos a serem aplicados em situações apropriadas. Mortimer e

Carvalho (1996) sugerem, portanto, estratégias de ensino que enfatizem a negociação de significados entre as ideias prévias dos alunos e os novos conhecimentos propostos.

Conforme Moreira (2022), essa negociação de significados entre professor e aluno é essencial para que esses sujeitos expressem o que estão compreendendo. Quando os significados são aceitos dentro do contexto, pode-se afirmar que ocorreu um episódio de ensino-aprendizagem. Por outro lado, se os significados não forem aceitos, os alunos devem ter acesso novamente, possivelmente de outra forma, aos significados compartilhados no conteúdo ensinado

Etapa 3: Nesta fase, faz-se a abordagem teórica das funções inorgânicas, introduzindo os conceitos básicos de ácidos, bases, sais e óxidos. É importante apresentar suas propriedades e exemplos, além de discutir suas nomenclaturas. Posteriormente, sugere-se que o docente divida a turma em duplas ou trios e solicite que os alunos construam um mapa mental, partindo da palavra central “funções inorgânicas”. De modo a auxiliá-los e direcioná-los a explorar diferentes aspectos da temática, algumas perguntas podem ser feitas, tais como as apresentadas no Quadro 2.

Nº	Questões
1	O que são funções inorgânicas?
2	Quais são as principais funções inorgânicas que você conhece?
3	Quais são as características distintivas de cada função inorgânica?
4	Como as funções inorgânicas estão presentes em nosso cotidiano?

Quadro 2: Exemplos de questões norteadoras para a construção do mapa mental

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Esta etapa visa levar o estudante a perceber que a compreensão das particularidades de cada função inorgânica, bem como sua aplicabilidade no contexto cotidiano, assume um papel fundamental na apreensão dos fenômenos químicos em nosso ambiente. Essa visão geral funciona como um organizador prévio, preparando o aluno para explorar mais profundamente o tema das funções inorgânicas.

Conforme afirmado por Moreira (2011a), os organizadores prévios têm como principal função estabelecer uma conexão entre o conhecimento prévio do aprendiz e o que é necessário para que ele assimile de forma significativa o novo material. Em essência, esses organizadores desempenham um papel essencial ao facilitar a

aprendizagem, servindo como "pontes cognitivas" que ligam o conhecimento prévio do aprendiz ao novo conteúdo a ser aprendido.

Etapa 4: A partir disso, deve-se propor uma situação-problema introdutória que esteja centrada na relação entre as funções inorgânicas e a ocorrência da chuva ácida. Para contextualizar essa discussão de forma dinâmica e prática, sugere-se o uso de uma notícia como exemplo. A matéria "Chuva ácida em MS? Entenda a relação com as queimadas no Pantanal"⁴, veiculada no site Globo Rural, oferece uma oportunidade para os alunos compreenderem como as queimadas no Pantanal podem contribuir para a emissão de gases ácidos na atmosfera, agravando o problema da chuva ácida na região.

Em seguida, deve-se propor questões que estejam relacionadas com o conteúdo abordado (Silveira; Vasconcelos; Sampaio, 2022). Nesse caso, sugere-se trabalhar com situações que façam com que os alunos reflitam e busquem descrever o ocorrido. A Quadro 3 contém alguns exemplos de questões que podem ser empregadas com esse objetivo.

- | |
|---|
| 1. Imagine que você é um(a) agricultor(a) e tem notado que suas plantações estão sofrendo danos, como folhas amareladas e diminuição na produção de frutos. O que você faria para descobrir a causa desse problema? |
| 2. Em uma cidade próxima, algumas estátuas de bronze históricas estão apresentando sinais de corrosão, como manchas esverdeadas. O que você acha que poderia estar causando esse problema? |
| 3. Um grupo de cientistas descobriu que o pH da água de um lago próximo está diminuindo gradualmente ao longo dos anos, afetando a vida aquática. O que poderia estar causando essa acidificação da água? |

Quadro 3: Exemplos de Questões relacionadas ao conteúdo abordado
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Segundo Sousa e Ibiapina (2021), relacionar os conceitos ensinados em sala de aula com situações do cotidiano é crucial para formar cidadãos conscientes e críticos. Essa prática não apenas pode despertar maior interesse por parte dos alunos, mas também aprimorar o processo de aprendizagem. Desse modo, é necessário que o ensino de Química, assim como outras disciplinas científicas, tenha como objetivo proporcionar uma formação abrangente para o desenvolvimento completo do indivíduo, englobando aspectos humanísticos, sociais, ambientais, científicos e tecnológicos.

⁴ GLOBO RURAL. **Chuva ácida em MS: entenda a relação com as queimadas no Pantanal**. 2023. Disponível em: <https://globorural.globo.com/clima/noticia/2023/11/chuva-acida-em-ms-entenda-a-relacao-com-as-queimadas-no-pantanal.ghtml>. Acesso em: 20 mar. 2024.

Etapa 5: Nesta etapa, propõe-se utilizar a simulação “Solução Ácido-Base” do PhET *Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/acid-base-solutions>). Este recurso, ilustrado na Figura 1, permitirá que os alunos explorem como os ácidos e as bases se comportam em solução aquosa e o que ocorre ao aumentar e diminuir a concentração inicial (mol/L).

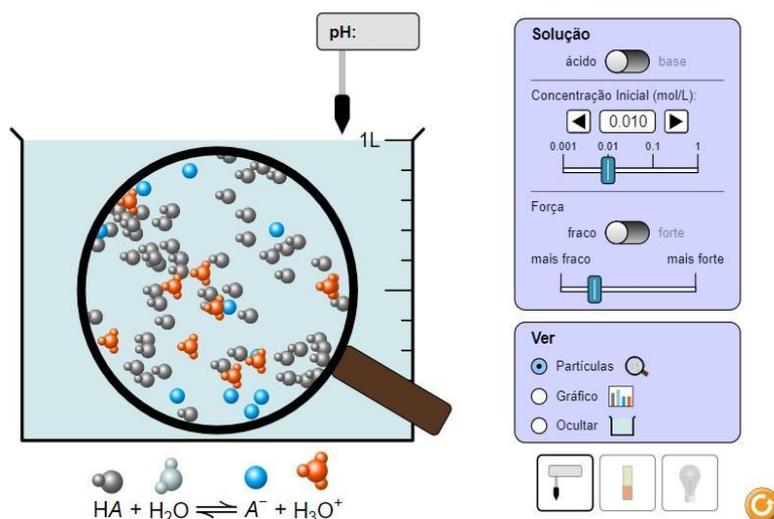


Figura 1: Interface da simulação Ácido-Base no PhET
Fonte: Registrado pelos autores a partir da plataforma PhET, 2024.

Consoante Santos e Cirino (2021, p. 37), “Quando algumas dessas aplicações são levadas para o ambiente escolar podem servir como ferramentas de enriquecimento para as ações do professor em sala de aula na abordagem do conteúdo”. Um exemplo prático disso são as simulações interativas do PhET, que permitem que os alunos explorem conceitos científicos de maneira prática e visual, facilitando a compreensão de conteúdos através da manipulação direta de variáveis e observação dos resultados em tempo real. Isso não apenas torna as aulas mais dinâmicas e envolventes, mas também promove um aprendizado mais profundo e ativo, beneficiando tanto alunos quanto professores na abordagem do conteúdo curricular (Souza *et al.*, 2020).

Além disso, durante a utilização da simulação, o docente deve reforçar que os ácidos e as bases são importantes funções inorgânicas na Química e que a chuva ácida resulta da reação de certos poluentes atmosféricos, como óxidos de enxofre e nitrogênio, com a água presente na atmosfera, formando ácidos que reduzem o pH da precipitação. Destaca-se que o pH da chuva em condições naturais é levemente ácido, variando geralmente entre 5 e 6. Na simulação, os alunos podem manipular diferentes

concentrações de ácidos e bases, observar o pH da solução resultante e compreender como as concentrações afetam a força e o grau de acidez ou basicidade das soluções. Essa abordagem pode ajudá-los a visualizar conceitos-chave relacionados às funções inorgânicas, como pH, neutralização, ionização e equilíbrio ácido-base.

Ademais, durante essa exploração sugere-se propor algumas questões para os alunos responderem, visando aprofundar a compreensão dos conceitos estudados e promover reflexões sobre a relação entre as funções inorgânicas e a ocorrência da chuva ácida, tais como: Como distinguir entre um ácido e uma base na simulação? O que acontece com o pH da solução quando você aumenta a concentração de um ácido? E de uma base?

Etapa 6: Após a discussão das questões propostas anteriormente, é necessário fornecer uma explicação mais detalhada de como se forma a chuva ácida e quais são seus impactos. Segundo Moreira (2011b), essa fase de explicação detalhada é fundamental para que os alunos possam integrar os novos conceitos aprendidos de maneira significativa, aplicando-os a situações reais e compreendendo suas implicações práticas e teóricas.

Nesse contexto, as implicações práticas incluem a compreensão dos impactos ambientais da chuva ácida, como a corrosão de edifícios, a acidificação de corpos d'água e os danos à vegetação, além de promover a conscientização sobre a necessidade de práticas sustentáveis e a redução de emissões poluentes. As implicações teóricas envolvem a integração dos conhecimentos sobre ácidos, bases, sais e óxidos, a compreensão das reações químicas que levam à formação da chuva ácida e o desenvolvimento do pensamento crítico e científico para analisar e resolver problemas ambientais.

Inicialmente deve-se destacar como a queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, e as emissões de gases provenientes de veículos e indústrias liberam óxidos de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x) na atmosfera. Esses óxidos reagem com o oxigênio e o vapor d'água presente no ar, para formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3), respectivamente, antes mesmo da ocorrência da chuva. Posteriormente, deve-se explicar que os ácidos formados na atmosfera, são incorporados às nuvens e, ao se condensarem, são transportados até a superfície da Terra por meio da precipitação, resultando no fenômeno conhecido como chuva ácida. Por fim, deve-se destacar os impactos causados pela chuva ácida, tais como danos a estruturas e monumentos, contaminação de corpos d'água, danos à vegetação, entre outros.

Etapa 7: Propõe-se solicitar a construção de um mapa conceitual, pelas duplas ou trios formados inicialmente, para avaliar as entendimentos e concepções dos alunos após a utilização do simulador PhET e da exploração e discussão do conteúdo.

Consoante Passos e Vasconcelos (2023b), os mapas conceituais são uma ferramenta metodológica que ganhou destaque no processo de ensino e aprendizagem, especialmente na área de Química, pois auxiliam tanto professores quanto alunos a visualizarem e compreenderem as relações entre os conceitos, facilitando o processo de aprendizagem.

Segundo Novak e Cañas (2010), os mapas conceituais estão intimamente ligados à TAS, pois ambos se concentram na construção e assimilação de significados. Essa conexão se manifesta, por exemplo, na possibilidade de integrar novos conceitos à estrutura cognitiva do aprendiz por meio da visualização das relações hierárquicas e interligadas entre os conhecimentos, promovendo uma organização mais coerente e estruturada do saber.

Etapa 8: Salienta-se a importância de solicitar aos discentes que avaliem a UEPS por meio de uma roda de conversa ou da aplicação de um questionário, para obter-se um *feedback* direto e detalhado sobre suas experiências. Isso permitirá identificar pontos fortes e áreas de melhoria, promovendo o aprimoramento contínuo do processo educacional.

4 Considerações Finais

Ao longo deste trabalho, foi sugerido que a utilização da UEPS proporciona uma abordagem mais abrangente e significativa, conectando os conceitos teóricos a situações reais e cotidianas. A integração de atividades práticas, como a exploração do simulador PhET e a discussão de notícias atuais, contribui para o engajamento dos alunos e para a compreensão dos fenômenos químicos em seu contexto mais amplo.

Além disso, a aplicação da UEPS permite a identificação e a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, promovendo uma AS. Esse alinhamento com a AS se evidencia desde os primeiros passos da construção da UEPS, ao considerar que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem (Ausubel, 2000), até a proposição de situações-problema que buscam despertar a intencionalidade do aluno em aprender significativamente.

A progressão didática proposta, que incluiu a diferenciação progressiva dos conceitos, a contextualização e a avaliação formativa, contribui para o desenvolvimento

de habilidades cognitivas e metacognitivas nos estudantes. Essa progressão respeita o princípio da reconciliação integradora, à medida que os novos conhecimentos são continuamente conectados a ideias já estabelecidas, reorganizando e aprofundando a estrutura cognitiva do aprendiz — um dos pilares centrais da AS.

Importante destacar que, ao longo da UEPS, as situações-problema funcionam como organizadores prévios e são estrategicamente elaboradas para favorecer a construção de modelos mentais funcionais (Johnson-Laird, 1983), facilitando a captação de significados pelos alunos. As interações sociais promovidas nas atividades colaborativas também se alinham ao pensamento de Vigotski (2008), ao considerar a mediação e a linguagem como elementos fundamentais para a construção do conhecimento.

Adicionalmente, destaca-se que a proposta aqui apresentada contempla a promoção de competências científicas essenciais para a formação dos estudantes, tais como a capacidade de observação e análise de fenômenos, a construção de explicações com base em evidências, a interpretação de dados e a argumentação científica. Essas competências estão integradas à estrutura da UEPS por meio de estratégias como a problematização de temas ambientais (chuva ácida), o uso de recursos digitais para experimentação virtual e a elaboração de representações conceituais, como mapas conceituais.

A relação com a Aprendizagem Significativa se estabelece de forma contínua ao longo da proposta: desde a ativação e validação dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos, passando pelo uso de organizadores prévios com sentido claro e contextualizado, até a promoção da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. A proposta favorece a construção ativa do conhecimento por parte dos estudantes, ao estimular que eles atribuam significado aos conceitos químicos estudados e os integrem a experiências vividas, fortalecendo o processo de ancoragem cognitiva. Além disso, o uso do simulador PhET, que é um recurso tecnológico, permite explorar a visualização e a manipulação de variáveis em tempo real, o que amplia a possibilidade de que os novos significados se estabilizem de maneira não arbitrária e não mecânica, conforme defendido por Ausubel (2000).

Portanto, este estudo reforça a importância de repensar as práticas de ensino de Química, buscando estratégias que favoreçam a construção ativa do conhecimento e a compreensão dos processos químicos no mundo real. A implementação de UEPS no Ensino Médio representa uma alternativa promissora para alcançar esse objetivo,

fornecendo subsídios teóricos e práticos para a promoção de uma educação científica de qualidade.

Por fim, sugere-se que futuras investigações explorem a aplicação de UEPS em outros temas e contextos do Ensino de Química, bem como investiguem os impactos dessa abordagem no desempenho acadêmico dos alunos e no desenvolvimento de competências científicas. Além disso, estudos comparativos entre diferentes metodologias de ensino podem fornecer *insights* valiosos para aprimorar as práticas pedagógicas e promover uma educação mais eficaz e significativa.

Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2000.

BEDIN, E. Filme, Experiência e tecnologia no ensino de ciências Química: uma sequência didática. **Revista Educação, Ciências e Matemática**, v.9, n.1, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, 2019. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4280/2882>. Acesso em 19 mar. 2024.

BROWN, T. L.; LeMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: A ciência central**. 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CANDIDO, D. de P.; HERBST, M. H. Agrotóxicos como Tema Gerador para o Ensino-Aprendizagem das Propriedades Físico-Químicas de Compostos Orgânicos: Uma Proposta para o Ensino Médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 299–318, 2022. DOI: 10.53003/redequim.v8i3.4904. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/4904>. Acesso em: 15 mar. 2024.

FELTRE, R. **Química**. 7. ed. São Paulo: Moderna, 2008. V. 1.

FILGUEIRAS, J.; SILVEIRA, F.; VASCONCELOS, A. K. Uma Sequência Didática nos conceitos correlatos ao estudo da vitamina C presente nas polpas de frutas. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, n. 4, p. 97-120, 10 jul. 2023. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/13334>. Acesso em: 12 mar. 2024.

HOUSECROFT, C. E.; SHARPE, A. G. **Química inorgânica**. 4 ed. Tradução: Edilson Clemente da Silva; Júlio Carlos Afonso; e Oswaldo Esteves Barcia. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983. 513 p.

LIMA, R. A.; SÁ, R. A.; VASCONCELOS, F. C. G. C. O uso de simulações PhET no ensino dos conceitos de ácido e base. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019, p. 1-10. Disponível em: <https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0938-1.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

LISBOA, J. C. F. **Química: 1º ano - Ensino Médio**. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2010. (Coleção Ser Protagonista).

MORÁS, N. A. B.; LANGWINSKI, L. G.; KAMINSKI, M. R. Mapas conceituais como metodologia para aprendizagem significativa com alunos surdos. **Revista Educação, Artes e**

- Inclusão**, Florianópolis, v. 17, n. 1, p. 01-29, 2021. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/arteinclusao/article/view/15238>. Acesso em: 19 mar. 2024.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 3. ed. São Paulo: Centauro, 2011. 111 p.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011(a).
- MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñaza Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v.1, n. 2, p.43-63, 2011(b). Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em 16 mar. 2024.
- MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o professor pesquisador em Ensino de Ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem ativa com significado. **Revista Espaço Pedagógico**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 405-416, 2022. DOI: 10.5335/rep.v29i2.13887. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/13887>. Acesso em: 22 mar. 2024.
- MORTIMER, E. F.; CARVALHO, A. M. P. de. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciências. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 96, p. 05–14, 1996. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/cp/article/view/809>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Elaboração de conflitos e anomalias em sala de aula. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. L. (Orgs.). **Linguagem, cultura e cognição**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001. p. 139-150.
- NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis educativa*, p. 09-29, 2010.
- PASSOS, B. S.; VASCONCELOS, A. K. P. Análise de questões do Enem sobre funções inorgânicas à luz da Taxonomia de Bloom Revisada. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 19, n. 43, p. 107-122, dez. 2023(a). ISSN 2317-5125. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/15552>. Acesso em: 28 mar. 2024.
- PASSOS, B. S.; VASCONCELOS, A. K. P. Aprendizagem Significativa e Funções Inorgânicas: uma Sequência Didática baseada em mapas conceituais. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, [S. l.], v. 9, n. 31, 2023(b). DOI: 10.21920/recei72023931666679. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/5344>. Acesso em: 30 mar. 2024.
- PASSOS, B. S.; VASCONCELOS, A. K. P. Ensino de Química e Conhecimentos Prévios: Um Olhar para o Ensino de Ácidos e Bases. **A Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática: Temáticas Emergentes em Contextos Adversos**. Editora CRV, 2023(c). p. 400.
- ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de Química: algumas reflexões. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, Florianópolis, **Anais [...]**, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0145-2.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- RODRIGUES, L. F.; SILVA, M. T. S. da. A experimentação investigativa como possibilidade para o ensino de matemática. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 8, p. 33-41, 2022. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/bjs/article/view/70/73> Acesso em: 17 mar. 2025.
- SAMPAIO, I. da S. **O simulador Phet como recurso metodológico no Ensino de reações químicas no primeiro ano do Ensino Médio com aporte na teoria de Ausubel**. Dissertação

(Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, p.104. 2017.

SANTOS, A. C. L. dos.; CIRINO, M. M. Ensino de Geometria Molecular com App de simulação digital: possíveis contribuições para uma aprendizagem significativa. **Ensino & Multidisciplinaridade**, v. 5, n. 2, p. 36–52, 2021. Disponível em: <https://cajapio.ufma.br/index.php/ens-multidisciplinaridade/article/view/14706>. Acesso em: 25 mar. 2024.

SANTOS, I. P.; SANTOS, L. B.; PEREIRA, A. I. S.; MADEIRA, K. M. L. O ensino de Química e a importância da conexão com a realidade discente: um estudo sobre a percepção de docentes da rede estadual do ensino médio no município de Codó-MA. **Revista Humanidades e Inovação**, Palmas – TO, v. 9, n. 21, p. 323-333, 2023. Acesso em: 15 mar. 2024. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadesinovacao/article/view/3024>. Acesso em: 18 fev. 2024.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; SAMPAIO, C. G. Experimentação investigativa no tópico chuva ácida: estratégia de ensino na formação inicial docente consoante o contexto da aprendizagem significativa. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 12, n. 1, p. 119-136. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/557>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SOUSA, J. A. de.; IBIAPINA, B. R. S. A Química e o cotidiano: concepções sobre o ensino de química nas salas de aula. **Revista EDUCAmazônia**, v. 13, n. 2, p. 209-227, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/9112>. Acesso em: 23 mar. 2024.

SOUZA, F. de O.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G. de.; JAUDY, R. R.; ZANGESKI, D. S. O. Simulações PhET: a teoria aliada à prática experimental nas aulas de química. **Zeiki - Revista Interdisciplinar da Unemat Barra do Bugres**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 19–35, 2020. DOI: 10.30681/zeiki.v1i1.3728. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/zeiki/article/view/3728>. Acesso em: 27 mar. 2024.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008. 216p.

Recebido em: 30 de dezembro de 2024

Aceito em: 22 de abril de 2025