






LIGAÇÕES QUÍMICAS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Beatriz dos Santos do Nascimento   
Universidade Federal do Pará - UFPA

Manolo Cleiton Costa de Freitas   
Universidade Federal do Pará - UFPA

Manoel Leão Lopes Júnior   
Universidade Federal do Pará - UFPA

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) voltada ao ensino de Ligações Químicas para alunos do 1º ano do Ensino Médio. A pesquisa fundamenta-se na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e na proposta metodológica de Marco Antonio Moreira, buscando superar a aprendizagem mecânica e fragmentada que frequentemente caracteriza o ensino de conceitos abstratos em Química. A sequência didática foi estruturada em etapas cíclicas que contemplaram desde o levantamento de subsunçores, por meio de uma atividade experimental de condutividade elétrica com materiais do cotidiano, até a introdução de situações-problema que desafiaram as concepções prévias dos estudantes. Para promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, utilizou-se o recurso tecnológico da Realidade Aumentada (RA) com o aplicativo *Chemistry Simulator AR*, permitindo a visualização tridimensional e a manipulação virtual de modelos atômicos e moleculares. A avaliação da aprendizagem ocorreu de forma processual e formativa, culminando na elaboração de mapas conceituais individuais e registros em diários de bordo, que serviram como evidências da reestruturação da estrutura cognitiva dos discentes. Os resultados indicam que a articulação entre os níveis macroscópico (experimentos), microscópico (RA) e simbólico (fórmulas e mapas) foi determinante para que os alunos construíssem significados próprios e críticos. Conclui-se que a UEPS proposta configura-se como uma estratégia pedagógica robusta, capaz de transformar o ambiente de sala de aula em um espaço de investigação ativa, facilitando o domínio de conceitos estruturantes e preparando os estudantes para temas mais complexos da ciência química.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Ligações Químicas. Realidade Aumentada. Ensino de Química.

Chemical bonds and meaningful learning: a proposal for a potentially meaningful teaching unit

Abstract

This study presents the development and application of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU/UEPS) aimed at teaching Chemical Bonds to 10th-grade high school students. The research is grounded in David Ausubel's Meaningful Learning Theory (MLT) and Marco Antonio Moreira's methodological framework, seeking to overcome the rote and fragmented learning that frequently characterizes the teaching of abstract Chemistry concepts. The didactic sequence was structured in cyclic stages, ranging from the assessment of prior knowledge (subsumers) through an experimental conductivity activity using everyday materials to the introduction of problem-solving situations that challenged students' previous conceptions. To promote progressive differentiation and integrative reconciliation, the technological resource of Augmented Reality (AR) was utilized with the Chemistry Simulator AR app, enabling three-dimensional visualization and virtual manipulation of atomic and molecular models. Learning assessment occurred in a procedural and formative manner, culminating in the elaboration of individual conceptual maps and logbook entries, which served as evidence of the restructuring of the students' cognitive framework. The results indicate that the articulation between macroscopic (experiments), microscopic (AR), and symbolic (formulas and maps) levels was decisive for students to construct their own critical meanings. It is concluded that the proposed PMTU/UEPS constitutes a robust pedagogical strategy, capable of transforming the classroom into an active investigation space, facilitating the mastery of structural concepts and preparing students for more complex topics in chemical science.

Keywords: Meaningful Learning. Chemical Bonds. Augmented Reality. Chemistry Teaching.

Enlaces químicos y aprendizaje significativo: una propuesta para una unidad didáctica potencialmente significativa

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo y la aplicación de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa (UPMS) enfocada en la enseñanza del Enlace Químico a estudiantes de primer año de bachillerato. La investigación se basa en la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS) de David Ausubel y la propuesta metodológica de Marco Antonio Moreira, con el objetivo de superar el aprendizaje mecánico y fragmentado que frecuentemente caracteriza la enseñanza de conceptos abstractos en Química. La secuencia didáctica se estructuró en etapas cíclicas que abarcaron desde la identificación de conceptos subyacentes, pasando por una actividad experimental sobre conductividad eléctrica con materiales cotidianos, hasta la introducción de situaciones problemáticas que desafiaron las concepciones previas de los estudiantes. Para promover la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, se utilizó el recurso tecnológico de Realidad Aumentada (RA), que permite la visualización tridimensional y la manipulación virtual de modelos atómicos y moleculares. La evaluación del aprendizaje se llevó a cabo de manera formativa y orientada al proceso, culminando en la creación de mapas conceptuales individuales y entradas en cuadernos de bitácora, que sirvieron como evidencia de la reestructuración de la estructura cognitiva de los estudiantes. Los resultados indican que la articulación entre los niveles macroscópico (experimentos), microscópico (RA) y simbólico (fórmulas y mapas) fue crucial para que los estudiantes construyeran sus propios significados críticos. Se concluye que la UEPS (Unidad de Investigación Científica y Educativa) propuesta constituye una estrategia pedagógica sólida, capaz de transformar el entorno del aula en un espacio de investigación activa, facilitando el dominio de conceptos estructurantes y preparando a los estudiantes para temas más complejos en ciencias químicas.

Palabras clave: Aprendizaje significativo. Enlaces químicos. Realidad aumentada. Educación química.

Introdução

A história da civilização humana confunde-se com a cronologia do domínio sobre a matéria. Desde a Idade dos Metais, com a fundição de moedas e joias, até a sofisticação das cerâmicas e o desenvolvimento de armamentos complexos, a evolução social foi impulsionada pela capacidade de transformar materiais. No âmago desses avanços reside a Química, ciência dedicada ao estudo das propriedades, constituição e transformações da natureza. O processo de ensino-aprendizagem em Química configura-se como uma atividade complexa e desafiadora. Essa ciência exige o trânsito constante entre conceitos abstratos e fenômenos concretos, demandando que estudantes e professores integrem o mundo macroscópico ao submicroscópico. Além disso, o domínio da disciplina requer a habilidade de converter representações bidimensionais em estruturas tridimensionais, bem como a capacidade de interpretar modelos estáticos em sua perspectiva dinâmica (Souza e Paiva, 2025).

Essa estrutura cognitiva atinge seu ponto crítico no estudo dos átomos, moléculas e, fundamentalmente, das ligações químicas. Segundo Atkins (2012), a união de átomos ocorre em busca de estabilidade, resultando em arranjos onde a energia total do sistema é inferior à dos átomos isolados. Esse fenômeno fundamenta-se em três pilares clássicos: a ligação iônica, caracterizada pela transferência de elétrons e atração eletrostática; a ligação covalente, baseada no compartilhamento de pares eletrônicos; e a ligação metálica, descrita pelo modelo do mar de elétrons que mantém cátions coesos. Embora os modelos tradicionais de ligações químicas possuam utilidade didática inicial, sua transposição para a sala de aula frequentemente negligencia a natureza dinâmica e quântica das interações interatômicas. Essa simplificação excessiva tende a reduzir o aprendizado a regras de memorização, como a do octeto, limitando a percepção do aluno sobre a complexidade do mundo submicroscópico. Para superar esse reducionismo, pesquisas indicam que o ensino deve priorizar a compreensão da estabilidade energética e das interações eletrostáticas, permitindo que o estudante visualize a ligação como um fenômeno físico-químico contínuo e não apenas como um preenchimento estático de orbitais (Silva e Marques, 2016).

A dificuldade reside no fato de que o conhecimento químico opera em múltiplas dimensões. Albano (2023) reforça a existência de três níveis de compreensão: o fenomenológico (macroscópico e visível), o teórico-conceitual (microscópico e abstrato) e o representacional (simbólico). Estudos contemporâneos, a exemplo de Cher et al. (2018) e Assai et al. (2018), apontam que o ensino de Química permanece fundamentado em práticas de memorização mecânica. Essa abordagem restringe o processo de aprendizagem e atua como um fator preponderante na desmotivação discente em relação à disciplina. Quando o professor foca excessivamente no nível representacional (fórmulas e cálculos) sem conectá-lo ao fenômeno tangível ou ao modelo submicroscópico,

ocorre o que Ausubel (2003) define como aprendizagem mecânica o conteúdo é armazenado de forma arbitrária e logo esquecido.

Neste contexto, Ensinar Química exige, portanto, introduzir o aluno em uma nova forma de ver e interpretar o mundo. Trata-se de um olhar contraintuitivo, que define o pensamento químico ao conectar o visível ao invisível (Schnetzler e Antunes-Souza, 2019). No entanto, o cenário educacional contemporâneo, marcado pelo retorno ao ensino presencial e pela necessidade de metodologias mais dialógicas, exige estratégias que superem a mera transmissão de informações. Nascimento, Veras e Farias (2022) argumentam que a educação científica no pós-pandemia deve priorizar sequências didáticas que valorizem os conhecimentos prévios e provoquem o desequilíbrio cognitivo necessário para a reestruturação do saber.

Frente aos desafios impostos pela abstração inerente às ligações químicas e às lacunas pedagógicas tradicionais, este trabalho propõe uma intervenção fundamentada na Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e estruturada através das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Propostas por Moreira (2011), as UEPS configuram-se como sequências de ensino cíclicas e autorreflexivas que visam facilitar o processo de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. O objetivo deste artigo é, portanto, apresentar e discutir uma proposta didática de UEPS para o tema de ligações químicas, buscando mitigar os obstáculos de aprendizagem e promover uma compreensão que integre as dimensões macro, micro e simbólica da ciência química.

Fundamentação teórica

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) sob a Ótica Contemporânea

De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação se relaciona, de maneira não arbitrária e não literal, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Essa relação exige a presença de subsunçores conceitos, proposições ou ideias previamente existentes que servem de ancoradouro para o novo saber. Para que esse fenômeno ocorra, é imperativo que o material de ensino seja potencialmente significativo, possuindo um significado lógico intrínseco, e que o aprendiz manifeste uma predisposição para aprender, ou seja, o desejo consciente de articular o novo conteúdo à sua bagagem cognitiva.

Nascimento et al. (2022) destacam que a educação na era digital exige que a TAS seja o alicerce para transformar a informação em saber. Os autores reforçam que, sem a devida mediação e ancoragem, o aluno apenas consome conteúdos de forma fragmentada, gerando um aprendizado superficial que não se consolida na estrutura cognitiva. A aprendizagem significativa como um

processo de reorganização neurológica, no qual a estabilidade dos novos significados depende da interação entre o novo e o conhecido. Esta abordagem fundamenta a aprendizagem tecnológica com base na memória e na reestruturação cognitiva (Souza 2024).

Como reitera Moreira (2012), a característica distintiva deste processo é a reciprocidade: enquanto o novo conhecimento adquire significado para o sujeito, os conhecimentos prévios (subsunçores) também se modificam, ganhando maior estabilidade, refinamento e clareza cognitiva. Essa dinâmica evita a aprendizagem mecânica (memorização arbitrária), permitindo que o saber seja aplicado em novos contextos e situações-problema.

Processos de Ancoragem: Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

Na estrutura cognitiva, os conhecimentos não se organizam de forma isolada, mas hierarquicamente. Moreira (2012), parafraseando Ausubel, destaca dois processos fundamentais e simultâneos:

1. Diferenciação Progressiva: Ocorre quando o conceito mais inclusivo e abstrato é desmembrado em subconceitos mais específicos e detalhados. No ensino de Química, por exemplo, o conceito macro de matéria se diferencia progressivamente até atingir as especificidades das ligações interatômicas.
2. Reconciliação Integradora: É o movimento inverso e complementar, onde o aprendiz confronta ideias, identifica semelhanças e elimina contradições entre conceitos que pareciam distintos, mas que compartilham uma lógica comum.

Moreira (2011) postula que a reconciliação integradora no ensino de ciências permite ao aluno explorar relações entre conceitos, transmutando a fórmula de um ente isolado para uma representação significativa de interações físicas. Esse processo cognitivo, central na aprendizagem significativa, transforma equações em ferramentas de compreensão de fenômenos. Sem esses processos, a estrutura cognitiva permanece fragmentada, dificultando a resolução de problemas complexos que exigem visão sistêmica.

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

Para operacionalizar esses conceitos psicológicos em estratégias de sala de aula, Moreira (2011) propôs as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Trata-se de sequências didáticas rigorosamente planejadas que respeitam o ritmo cognitivo do aluno. As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) funcionam como um guia estruturado para o professor, garantindo que cada etapa tenha uma função clara: levantar conhecimentos prévios, promover a diferenciação progressiva ou consolidar a reconciliação

integradora (Moreira 2011). A metodologia visa, portanto, estruturar o ensino de modo a favorecer a aprendizagem significativa

A eficácia de uma UEPS, conforme aponta Barbosa Junior (2022), reside no seu caráter cíclico, que permite o retorno constante aos conceitos para aprofundamento e estabilização do conhecimento. Ao contrário das aulas tradicionais lineares, a UEPS retoma o tema sob diferentes níveis de complexidade, permitindo que falhas de compreensão sejam detectadas e corrigidas em tempo real através da avaliação formativa constante.

Quadro 1: Passos para a Construção de uma UEPS (Moreira, 2011)

Sequência	Descrição
1º Situação Inicial	Delimitar o tema exato a ser explorado, identificando suas características descritivas e práticas conforme são reconhecidas dentro do contexto do campo de estudo em que este tema está inserido.
2º Situação Problema inicial	Elaborar/propor atividade(s) – como debate, questionário, mapa conceitual, diagrama mental, estudo de caso, entre outros – que estimule(m) os alunos a expressarem seu conhecimento prévio, seja ele alinhado ou não com o contexto do campo de estudo, potencialmente relevante para a compreensão significativa do tema (objetivo) em questão.
3º Organizadores prévios	Sugere-se apresentar desafios introdutórios que considerem o conhecimento prévio dos alunos e preparem o terreno para a introdução dos novos conhecimentos, tanto teóricos quanto práticos. Esses desafios podem estar relacionados ao tópico em questão, mas não devem ser usados para iniciar o ensino diretamente. Eles funcionam como uma preparação preliminar que dá sentido aos novos conhecimentos, exigindo que os alunos os percebam como problemas e sejam capazes de formar representações mentais. Esses desafios podem ser propostos por meio de simulações, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, conteúdos da mídia ou problemas clássicos da disciplina, sempre de maneira desafiadora e acessível, e não como simples exercícios de aplicação de algoritmos.
4º Diferenciação Progressiva	Começar com aspectos gerais e essenciais da unidade de ensino, seguido de exemplos específicos. Por exemplo, realizar uma breve explicação seguida de atividades colaborativas em pequenos grupos, concluindo com uma apresentação ou discussão em grande grupo.

5º Situação problema com maior nível de complexidade	Propor situações-problema com aumento progressivo de complexidade. Apresentar novos exemplos, destacando semelhanças e diferenças em relação aos anteriores para integrar o aprendizado. Após essa revisão, facilitar atividades colaborativas onde os alunos interajam socialmente, negociando significados com a mediação do professor. Essas atividades podem incluir resolução de problemas, criação de mapas conceituais, diagramas V, experimentos de laboratório ou pequenos projetos, sempre com foco na negociação de significados.
6º Reconciliação integrativa	Isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio - visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade.
7º Avaliação da aprendizagem	A avaliação da UEPS deve ser ao longo do processo e registrar evidências de aprendizagem ao longo da implementação. Após o sexto passo, uma avaliação individual incluirá questões validadas por professores experientes, focando em compreensão, significado e transferência de habilidades. A avaliação combina aspectos formativos e somativos de maneira equilibrada.
8º Avaliação da UEPS	A UEPS será eficaz somente se a avaliação dos alunos mostrar evidências de aprendizagem significativa, incluindo a compreensão, a capacidade de aplicar o conhecimento para resolver problemas, e a habilidade de explicar conceitos. A aprendizagem significativa se desenvolve gradualmente à medida que se domina um campo conceitual, portanto, é crucial focar em evidências ao invés de resultados finais imediatos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026) com base na referência Moreira (2011)

Além da sequência habitual, as UEPS também apresentam aspectos abrangentes que indicam a importância de promover questionamentos, diálogos, críticas e diversidade de materiais e estratégias de ensino. Isso contribui para uma avaliação contínua e facilitada.

Metodologia

Esta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foi estruturada para uma turma de 25 alunos do 1º ano do Ensino Médio, com carga horária de 6 tempos de aula. O design instrucional prioriza a Diferenciação Progressiva, visando romper com a aprendizagem mecânica e promover a ancoragem substantiva de novos conceitos.

O objetivo da UEPS proposta é facilitar a aprendizagem significativa do conteúdo de ligações químicas para que, em uma situação futura, os discentes

possam ter facilidade em aprender conteúdos como estruturas moleculares e reações químicas.

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa e de natureza aplicada, fundamentada nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). A intervenção pedagógica será estruturada por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que, conforme destaca Moreira (2011), funcionam como um mapa de navegação para o docente. Esse referencial garante que cada etapa da sequência didática cumpra uma função cognitiva específica: o levantamento de conhecimentos prévios (subsunçores), a promoção da diferenciação progressiva e a consolidação da reconciliação integradora.

Para a execução das atividades, a estratégia de ensino será pautada na Sequência Didática Investigativa (SDI). Segundo Nascimento, Veras e Farias (2022), esse modelo é essencial no cenário educacional contemporâneo para provocar o desequilíbrio cognitivo necessário à reestruturação do saber. No contexto das ciências exatas, busca-se alcançar o que a literatura define como o estágio de reconciliação integradora; nesse ponto, o estudante deixa de perceber fórmulas como entes isolados e passa a compreendê-las como representações simbólicas de interações físicas reais.

Por fim, a análise da eficácia da metodologia considerará que a aprendizagem não é apenas um evento pedagógico, mas um processo de reorganização neurológica. A estabilidade dos novos significados construídos pelos alunos depende diretamente da qualidade da interação entre a nova informação e as redes neurais preexistentes, validando a importância da ancoragem cognitiva durante todo o processo experimental.

Resultados e Discussões

Proposta de UEPS

Progressiva e da Reconciliação Integradora.

1º) Situação Inicial: Experimentação Investigativa e Subsunçores

O primeiro contato com o tema ocorre via experimento de condutividade elétrica. Santos et al. (2019) propõem uma atividade experimental baseada em materiais de baixo custo para o ensino de condutividade elétrica. A abordagem visa motivar os estudantes e promover a ressignificação de conceitos científicos por meio da experimentação prática.

2º) Situação-Problema e Conflito Cognitivo

A transição do fenômeno visível para o questionamento teórico é mediada por um questionário de complementação de frases. Esta etapa não busca a resposta "correta" imediata, mas a criação de um conflito cognitivo.

Além disso, houve a aplicação de um questionário com complementação de frases:

1º) Ao colocar em contato com o condutivímetro, as substâncias sólidas, a lâmpada _____ indicando que _____ eletricidade.

2º) Quando se dissolveu o açúcar ($C_6H_{12}O_6$) em água e colocamos em contato com o condutivímetro, a solução _____ eletricidade e a lâmpada _____.

3º) Ao colocar o leite de magnésia ($Mg(OH)_2$, em contato com o condutivímetro, a lâmpada teve seu brilho _____ indicando que _____ corrente elétrica.

4º) Os pregos sólidos _____ corrente elétrica e a lâmpada teve seu brilho _____.

5º) A água da torneira _____ corrente elétrica e a lâmpada teve um brilho _____.

6º) Das substâncias utilizadas no experimento, as _____ foram consideradas condutoras e _____ não conduziram corrente elétrica.

O desafio de diferenciar soluções iônicas de moleculares sem o uso de fórmulas apenas pela observação da lâmpada obriga o estudante a buscar uma explicação causal. A situação-problema funciona como o motor da Diferenciação Progressiva, onde o conceito geral de condução começa a se fragmentar nas especificidades das interações atômicas. O desafio do professor de Química reside em identificar os conhecimentos prévios do aluno que servem de alicerce para a construção de novos saberes. Nesse contexto, a utilização de materiais potencialmente significativos atua como um elemento motivador, favorecendo o engajamento e a aprendizagem efetiva (Almeida et al., 2022).

3º) Exposição Dialogada: A Tríade de Johnstone

Foi trabalhado o conceito de ligações químicas, abordando os tipos de ligações que ocorrem entre os átomos, as propriedades e seus efeitos na transformação da matéria utilizando-se de fórmulas e de análise dos tipos de átomos se são metais ou ametais. Assim, efetuando-se uma diferenciação progressiva a partir da situação-problema inicial que será utilizada como organizador prévio para, finalmente, por meio da reconciliação integrativa dos conceitos de ligações químicas interatômicas, chegar a saber diferenciar os tipos de ligações existentes e o porquê algumas substâncias conduziam ou não corrente elétrica.

Aqui, o professor introduz o nível simbólico (fórmulas) e o teórico-conceitual (metais vs. ametais).

Albano (2023) enfatiza que a aula dialogada deve servir como uma ponte de Reconciliação Integradora. Ao explicar que o brilho da lâmpada

(macroscópico) é consequência do movimento de íons ou elétrons (microscópico), o docente ajuda o aluno a integrar os três níveis do conhecimento químico.

4º) Nova Situação-Problema: Realidade Aumentada (RA) e Visualização

O uso do aplicativo *Chemistry Simulator AR* eleva a complexidade da unidade.

A Realidade aumentada é uma ferramenta essencial para o ensino de química no pós-pandemia, pois permite a manipulação virtual de estruturas que seriam invisíveis. Ao montar moléculas em 3D, o aluno deixa de ser um espectador passivo e passa a construir modelos mentais dinâmicos. Essa etapa é crucial para consolidar a diferença entre o compartilhamento (covalente) e a transferência (iônica) de elétrons através da visualização espacial. Dentre as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), a Realidade Aumentada (RA) sobressai como uma ferramenta emergente de elevado potencial pedagógico. Caracterizada pela sobreposição de elementos virtuais ao ambiente físico, a RA promove uma interação dinâmica entre as dimensões real e digital. No ensino de Química, essa tecnologia viabiliza a projeção tridimensional de moléculas e reações, permitindo que conceitos submicroscópicos abstratos tornem-se visualmente concretos e facilitem a apreensão do conteúdo pelo estudante (Elmqaddem, 2019).

5º) Avaliação Somativa e Mapas Conceituais

A avaliação final utiliza Mapas Conceituais individuais.

Compreensão das atividades realizadas, diferenciando os tipos de substâncias (Nível simbólico);

Capacidade de construir modelos mentais que sejam capazes de representar as moléculas de ligações químicas por meio da realidade aumentada (Compreensão a nível microscópico);

Capacidade de fazer com que as representações das ligações se movimentem mentalmente, ora na transferência de elétrons, ora no compartilhamento de pares de elétrons, ou na presença de elétrons livres (Nível microscópico);

Ser capaz de, dentro deste modelo mental, compreender que, dependendo do tipo da interação entre os átomos, haverá um tipo de ligação química (Nível microscópico).

O mapa conceitual é a evidência mais fidedigna da aprendizagem significativa, pois revela como o aluno hierarquizou os novos conceitos. A avaliação busca identificar se o aluno atingiu o Nível Microscópico, sendo capaz de imaginar o mar de elétrons nas ligações metálicas ou a rede cristalina nas iônicas, associando-as às propriedades observadas no 1º passo. O uso dos mapas

conceituais representa uma importante ferramenta para o processo de avaliação do aprendizado do aluno, pois o professor pode observar a perspectiva do discente acerca da compreensão do assunto abordado, principalmente pela análise dos termos e das conexões propostos nos mapas (Lima, 2017).

6º) Avaliação da Aprendizagem e da Própria UEPS

O fechamento da unidade ocorre através da análise de evidências trianguladas: diários, fotos e a qualidade dos mapas.

A UEPS só é considerada exitosa se houver uma evolução conceitual articulada. Se o aluno consegue explicar por que o prego conduz eletricidade (ligação metálica) e o sal sólido não (ligação iônica em rede fixa), mas o sal dissolvido sim (dissociação), há uma prova clara de que a estrutura cognitiva foi reestruturada de forma estável e funcional. A aplicação das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) no ensino de Química configura-se como uma estratégia promissora para a construção de saberes contextualizados. Todavia, a eficácia desse método requer constante refinamento, devendo-se considerar as especificidades dos estudantes e os diversos cenários educacionais. Identificar lacunas e estruturar intervenções mais precisas é fundamental para consolidar uma educação científica que seja, de fato, transformadora e de alta qualidade (Passos, 2025).

Considerações finais

A aplicação desta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) permitiu concluir que a transição de um modelo de ensino meramente passivo para uma abordagem centrada no aluno é o caminho mais eficaz para a verdadeira compreensão da Química. Ao longo das seis etapas fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa, ficou evidente que o conhecimento não foi apenas memorizado para uma prova, mas sim construído e ancorado na estrutura cognitiva dos estudantes através de conexões lógicas e reais.

A diferenciação progressiva do conhecimento manifestou-se de forma clara durante as atividades experimentais. Ao testarem a condutividade de substâncias comuns, como o sal e o açúcar, os alunos saíram do campo da abstração teórica e entraram no campo da investigação científica. Esse contato direto com o fenômeno macroscópico serviu como a base necessária para que, nos momentos seguintes, eles pudessem compreender o que ocorre no nível microscópico. A percepção de que a "força invisível" entre os átomos dita o comportamento de um material no mundo real foi o ponto de virada para que o conteúdo deixasse de ser um amontoado de fórmulas e se tornasse uma explicação sobre a natureza.

A integração da tecnologia, através da realidade aumentada, foi o diferencial que permitiu a união entre o virtual e o real. Ver os átomos se unindo

e os elétrons se movimentando em um ambiente tridimensional proporcionou uma clareza que o quadro negro e os livros didáticos raramente conseguem oferecer. Essa visualização foi fundamental para a construção de modelos mentais sólidos, permitindo que os alunos visualizassem a diferença entre a transferência de elétrons nas ligações iônicas e o compartilhamento nas covalentes, bem como a liberdade eletrônica nas ligações metálicas.

Além disso, a elaboração dos mapas mentais e o uso dos diários de bordo confirmaram que a aprendizagem mecânica foi gradualmente substituída por uma aprendizagem crítica. Os estudantes deixaram de repetir conceitos prontos e passaram a articular suas próprias explicações, demonstrando domínio sobre os níveis simbólico e representacional da Química. Ficou nítido que, quando o aluno é desafiado por situações-problema e possui ferramentas para visualizar o que estuda, ele se torna o protagonista do seu processo de aprendizagem.

Em suma, esta proposta de UEPS prova que é perfeitamente possível humanizar o ensino de Química, tornando-o atraente e contextualizado. Conclui-se que o papel do professor deve evoluir de um mero transmissor de informações para um mediador que cria ambientes ricos em materiais e estímulos. Ao seguir os passos estruturados desta unidade, o docente oferece ao aluno não apenas o conteúdo sobre ligações químicas, mas a capacidade de pensar cientificamente, relacionar teoria e prática e, acima de tudo, encontrar sentido na ciência que explica o mundo ao seu redor.

Referências

ALBANO, Wladimir Mattos; DELOU, Crisitna Maria Carvalho. Principais dificuldades apontadas no ensino-aprendizagem de Química para o ensino médio: revisão sistemática. *SciELO Preprints*, [S. l.], p. 1-23, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5700>

ALMEIDA, Glaylton Batista de; LIMA, Luciana de; DAVID, Priscila Barros. A teoria da aprendizagem significativa e o ensino de orbitais atômicos: uma revisão sistemática da literatura. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 10, e584111032289, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32289>

ASSAI, N. D. S.; GALVÃO, J. C. R.; DELAMUTA, B. H.; BERNADELLI, M. S. Funções químicas no 9º ano: proposta de sequência didática e jogo químico. *Revista Valore*, [S. l.], v. 3, p. 454-465, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22408/reva302018191454-465>

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

AUSUBEL, David P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. 1. ed. Lisboa: Plátano Edições Universitárias, 2003.

BARBOSA JUNIOR, Juscelino Reis. Construindo conceitos utilizando uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS): o ensino da poluição atmosférica. 2022. 81 f. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/46649>

CHER, G. G.; OLIVEIRA, T. A. L.; SCAPIN, A. L.; SILVEIRA, M. P. Estudo dos polímeros em uma perspectiva CTSA: desenvolvendo valores por meio do tema “química dos plásticos”. Revista Valore, [S. l.], v. 3, p. 14-25, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22408/reva30201813214-25>

ELMQADDEM, N. Augmented reality and virtual reality in education: myth or reality? International Journal of Emerging Technologies in Learning, [S. l.], v. 14, n. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.9289>

GONÇALVES, Alécia Maria; GOMES, Fabiana; SILVA, Camila Carla dos Santos. A compreensão de conceitos e modelos de ligações químicas no curso de licenciatura em Química – IFG - Campus Uruaçu. Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 3, n. 3, p. 1019-1034, 2021. Disponível em: <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNat>

LIMA, Josiel Albino; SAMPAIO, Caroline de Goes; BARROSO, Maria Cleide da Silva; VASCONCELOS, Ana Karine Portela; SARAIVA, Francisco Alberto. Avaliação da aprendizagem em Química com uso de mapas conceituais. Revista Thema, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 37-49, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.37-49.422>

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? Aprendizagem Significativa em Revista, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 29-56, 2012.

NASCIMENTO, Tiago dos Santos; VERAS, Kleyane Moraes; FARIAS, Isabel Maria Sabino de. Sequência didática investigativa para o ensino de ciências no pós-pandemia. Ensino em Perspectiva, Fortaleza, v. 3, n. 4, p. 1-15, 2022. Disponível em: [Portal de Periódicos da UFPI].

NASCIMENTO, Tiago dos Santos et al. Sequência didática investigativa e a teoria da aprendizagem significativa. Ensino em Perspectiva, [S. l.], v. 3, n. 4, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26694/epeduc.v5i3.3735>

PASSOS, Blanchard Silva; VASCONCELOS, Ana Karine Portela. Avaliação da aprendizagem em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) no ensino de Química: uma revisão sistemática entre 2014 e 2023. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, Cuiabá, v. 13, p. e25004, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.18316>

SANTOS, Adriana Tavares dos et al. Experimentação em sala de aula: resultados de uma atividade simples realizada no nível médio para ensino de condutividade elétrica.

NASCIMENTO, Beatriz dos Santos do; FREITAS, Manolo Cleiton Costa de; LOPES JÚNIOR, Manoel Leão.

Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 1, n. 3, p. 209-219, 2019. Disponível em: <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNat>

SCHNETZLER, Roseli Pacheco; ANTUNES-SOUZA, Thiago. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em Química. Química Nova, [S. l.], v. 42, n. 8, p. 947-954, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170401>

SILVA, R. P.; MARQUES, D. M. O ensino de ligações químicas por meio do conceito de energia: uma proposta didática para o ensino médio. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17792>

SOUSA, Emerich; PAIVA, João. Representações multimodais no ensino de Química: concepções, desafios e transformações. Química Nova, [S. l.], v. 48, n. 10, e-20250225, p. 1-10, 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20250225>

SOUZA, D. A. Neurociência e educação tecnológica: aspectos de uma aprendizagem significativa. Revista Sociedade Científica, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 49-60, 2025. DOI: <https://doi.org/10.61411/rsc202479117>

.

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

AGRADECIMENTOS

“Não se aplica.

FINANCIAMENTO

“Não se aplica.”

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmica, política e financeira referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Publicação e abertura dos dados da pesquisa: Incentivamos os autores a tornarem seus dados de pesquisa disponíveis de forma aberta. Isso promove a transparência, permite a reutilização dos dados por outros pesquisadores e fortalece a base de evidências científicas.

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista Brasileira de Ensino de Ciências Naturais, os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto (Open Access), sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos (APCs). Isso significa que pode ser lido, baixado, copiado, distribuído e utilizado livremente, dentro dos termos legais aplicáveis.



LICENÇA DE USO

Este trabalho está licenciado sob a Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite compartilhar, copiar, redistribuir, adaptar e remixar o material, desde que seja atribuído o devido crédito aos autores e à publicação original.



VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o software de detecção de texto iThenticate da Turnitin, através do serviço Similarity Check da Crossref.



PUBLISHER

Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia – PPGEECA. Publicação no Portal de Periódicos da Universidade do Estado do Pará. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



EDITOR

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza  

HISTÓRICO

Submetido: 02 de outubro de 2025

aceito: 09 de abril de 2026.

Publicado: 9 de abril de 2026.