

O Invisível Compreensível: O teste de chama como ferramenta didática para o ensino do átomo

Making the Invisible Comprehensible: The flame test as a didactic tool for teaching the atom

Haciendo lo Invisible Comprensible: La prueba de llama como herramienta didáctica para la enseñanza del átomo

Recebido: 07/03/2025 | Revisado: 17/03/2025 | Aceitado: 18/03/2025 | Publicado: 20/03/2025

Ana Paula Mendes Gatinho

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3675-1770>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: ana.gatinho@discente.ufma.br

Erico June Neves Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2929-0264>

Centro Educa Mais Dayse Galvão de Sousa, Brasil

E-mail: ericojune12@gmail.com

Cicero Wellington Brito Bezerra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9058-9469>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: cwb.bezerra@ufma.br

Resumo

A Química é a ciência que estuda a matéria, suas propriedades, transformações, abrangendo o comportamento dos elementos e das substâncias que eles formam. Essencial, portanto, para a compreensão dos fenômenos químicos, um conhecimento aprofundado sobre o átomo, sua composição e estrutura, uma vez que representa a unidade básica de formação de todas as substâncias. Considerando, no entanto, a natureza abstrata e a complexidade da descrição do átomo, o ensino deste conteúdo apresenta sérios desafios, principalmente para os níveis fundamental e médio. Portanto, estudos que favoreçam a aprendizagem dos conceitos atômicos são de grande interesse. Neste estudo, objetivou-se propor uma sequência didática estruturada em quatro momentos (Problematização inicial, Organização do conhecimento, Aplicação do conhecimento e Sistematização e avaliação do conteúdo), utilizando o teste de chama como recurso experimental para ilustrar a validade dos modelos atômicos e evidenciar a distribuição eletrônica nos átomos. Os ensaios de chama foram conduzidos com os sais NaCl, KCl, MgSO₄, CaCl₂ e CuSO₄. Os resultados evidenciaram a eficácia da abordagem proposta, a julgar pelo nível de engajamento dos alunos, participação ativa das equipes na realização dos experimentos e no momento de socialização dos resultados e pela correta descrição e interpretação que deram quanto a aplicabilidade dos modelos atômicos ao fenômeno estudado.

Palavras-chave: Ensino de Química; Modelos Atômicos; Ensaio de Chama; Sequência Didática; Ensino e Aprendizagem.

Abstract

Chemistry is the science that studies matter, its properties and transformations, encompassing the behavior of elements and the substances they form. Therefore, a deep understanding of the atom, its composition and structure, is essential to understanding chemical phenomena, as it is the fundamental unit of all matter. However, due to the abstract nature and complexity of atomic description, teaching this subject poses significant challenges, especially at the primary and secondary school levels. Therefore, studies that improve the learning of atomic concepts are of great interest. In this study, the objective was to propose a didactic sequence structured in four moments (Initial problematization, Organization of knowledge, Application of knowledge and Systematization and evaluation of content), using the flame test as an experimental resource to illustrate the validity of atomic models and highlight the electronic distribution in atoms. Flame tests were performed with NaCl, KCl, MgSO₄, CaCl₂ and CuSO₄. The results demonstrated the effectiveness of the proposed approach, as evidenced by the students' high level of engagement, active participation in the experiments and discussion of the results, and their accurate description and interpretation of the applicability of atomic models to the phenomenon under investigation.

Keywords: Chemistry Teaching; Atomic Models; Flame Test; Didactic Sequence; Teaching and Learning.

Resumen

La Química es la ciencia que estudia la materia, sus propiedades y transformaciones, abarcando el comportamiento de los elementos y las sustancias que forman. Por lo tanto, una comprensión profunda del átomo, su composición y estructura es esencial para entender los fenómenos químicos, ya que representa la unidad fundamental de todas las

sustancias. Sin embargo, debido a la naturaleza abstracta y la complejidad de la descripción atómica, la enseñanza de este contenido presenta importantes desafíos, especialmente en los niveles de educación primaria y secundaria. Así, los estudios que favorezcan el aprendizaje de los conceptos atómicos son de gran interés. En este estudio, el objetivo fue proponer una secuencia didáctica estructurada en cuatro momentos (Problematización inicial, Organización del conocimiento, Aplicación del conocimiento y Sistematización y evaluación de contenidos), utilizando la prueba de la llama como recurso experimental para ilustrar la validez de los modelos atómicos y resaltar la distribución electrónica en los átomos. Las pruebas de llama se realizaron con NaCl, KCl, MgSO₄, CaCl₂ y CuSO₄. Los resultados evidenciaron la eficacia del enfoque propuesto, como se refleja en el alto nivel de compromiso de los estudiantes, su participación activa en la realización de los experimentos y en la socialización de los resultados, así como en la correcta descripción e interpretación de la aplicabilidad de los modelos atómicos al fenómeno estudiado.

Palabras clave: Enseñanza de la Química; Modelo Atómicos; Prueba de Llama; Secuencia Didáctica; Enseñanza y Aprendizaje.

1. Introdução

Embora uma parte da matéria seja tangível, os seus constituintes, os átomos, são algo difuso e impalpável. Com isso, o ensino de modelos atômicos encontra desafios significativos, notadamente para os níveis de escolarização fundamental e médio. Partir do concreto para o abstrato, conforme recomendação da didática, torna-se impraticável para este conteúdo específico.

Centrada em aulas expositivas e ocupando-se majoritariamente com a memorização de conceitos abstratos, distantes da experiência sensível dos alunos, a abordagem tradicional costuma limitar o entendimento deste tema, fundamental para a compreensão da estrutura e propriedades da matéria. Entretanto, a ausência de recursos que permitam a visualização e manipulação direta desses modelos não quer dizer que não haja alternativa que possa minimizar essa dificuldade, tornando o estudo mais agradável e proveitoso no sentido de uma representação atômica mais coerente por parte dos alunos.

Estratégias pedagógicas possíveis e que podem ser aplicadas de forma dinâmica e interativa, dialogando bem como os momentos expositivos, são as denominadas metodologias ativas. Elas se caracterizam por quebrar a monotonia da sala de aula e engajar melhor os alunos na descoberta e construção dos conteúdos, inclusive os mais complexos, impactando positivamente no aprendizado. Técnicas como, Gamificação (Saraiva et al., 2021), Método 5E (Soares & Bezerra, 2021; Jiménez, 2024), Estudo de Casos (Alba et al., 2013; Pazinato & Braibante, 2014), Aprendizagem Baseada em Problemas (Lopes, 2019), Aprendizagem Baseada em Projetos (Bender, 2014; Vasconcelos & Queiroz Neto, 2020), Sala de aula invertida (Valente, 2018; Nascimento & Rosa, 2020; Silveira Junior, 2020) dentre outras, destacam-se como estratégias inovadoras e eficazes.

Assim como as aulas tradicionais, a implementação dessas abordagens requer planejamento, podendo exigir, entretanto, um acompanhamento diferenciado. Outro aspecto que pode se apresentar como desmotivador para muitos professores, é que a aplicabilidade dessas metodologias demanda um ambiente com recursos tecnológicos muitas vezes não acessíveis aos estudantes ou indisponíveis na escola. De fato, para que haja uma experiência de aprendizagem mais dinâmica e centrada no estudante, o professor precisará planejar melhor o sequenciamento didático e acompanhar de perto as atividades dos alunos. Entretanto, com relação às exigências tecnológicas, existem abordagens não dependentes de tecnologias e acessíveis, portanto, a maioria das escolas da rede pública de ensino. Estratégias como aprendizagem colaborativa, investigação científica, aprendizagem por problemas, são exemplos de técnicas que incentivam o protagonismo estudantil, despertam o interesse e a curiosidade e desenvolvem a colaboração e competências investigativas.

Neste estudo, investigamos como a combinação entre metodologias ativas e aulas experimentais pode contribuir para um ensino mais dinâmico, prazeroso e eficaz dos modelos atômicos. Para isso, desenvolvemos um plano de ensino que incluiu momentos de discussão, experimentação em laboratório e atividades em grupo, buscando integrar diferentes estratégias para potencializar a compreensão dos estudantes.

Ainda que não seja possível a visualização concreta dos átomos e a manipulação direta dos modelos atômicos, fenômenos podem ser apresentados para os alunos cuja explicação levaria ao melhor entendimento da estrutura e propriedades

atômicas. Neste contexto, o teste de chama foi empregado como fenômeno a ser investigado e ferramenta didática para explicar não apenas o átomo, mas especialmente a evolução da compreensão sobre a estrutura do átomo.

A sequência didática foi conduzida no âmbito do Programa Residência Pedagógica, subprojeto de Química da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Embora atualmente descontinuado pela política da CAPES, este Programa acumulou êxitos significativos. Além de contribuir amplamente para a construção de saberes profissionais e o desenvolvimento da identidade docente dos residentes, também impulsionou a produção acadêmica dos licenciados, favoreceu a articulação entre pesquisa, ensino e extensão e incentivou novas temáticas de investigação na academia. Ademais, desempenhou um papel essencial na aproximação entre a universidade e as escolas, fortalecendo o vínculo entre teoria e prática na formação docente (Resende et al., 2023; Paniago et al., 2020).

Neste estudo, objetivou-se propor uma sequência didática estruturada em quatro momentos (Problematização inicial, Organização do conhecimento, Aplicação do conhecimento e Sistematização e avaliação do conteúdo), utilizando o teste de chama como recurso experimental para ilustrar a validade dos modelos atômicos e evidenciar a distribuição eletrônica nos átomos.

1.1 Os modelos atômicos e o ensino da Química

A escolha do tema modelos atômicos se justifica por dois fatores principais. A princípio, sua importância na compreensão e explicação dos fenômenos químicos, uma vez que a teoria atômica da matéria constitui a base do pensamento químico e do conhecimento científico atual sobre os processos estudados por essa ciência (Mahan & Myers, 1998; Cicillini & Silveira, 2005). Além disso, o avanço da ciência levou à construção de um modelo atômico altamente detalhado e complexo, que se distancia do senso comum baseado na experiência macroscópica (Mahan & Myers, 1998). Esse afastamento torna o ensino do tema um grande desafio para os professores, exigindo abordagens didáticas que facilitem sua assimilação pelos alunos.

Sem uma base de estrutura atômica, os conceitos e fatos químicos se tornam inexplicáveis e a química se reduz a uma simples arte, impossível de ser sistematizada e avançando segundo o modelo da tentativa e erro. As interações atômicas estabelecem os aspectos dos fenômenos químicos e físicos em diferentes escalas, enquanto os modelos atômicos auxiliam na compreensão do átomo e na explicação das suas interações formando estruturas maiores, bem como as propriedades eletrônicas e espectroscópicas. Com isso, os alunos ganham uma base conceitual para interpretar os mais diversos fenômenos químicos, a exemplo das afinidades e número de ligações entre os elementos, radiatividade, solubilidade, reatividade, etc.

Cicillini e Silveira (2005) pesquisaram a concepção que professores de duas escolas faziam sobre o conceito de modelo atômico e encontrou equívocos nas representações docentes, conjecturando que a temática, de fato, envolve sistemas complexos e é, por múltiplos fatores, de difícil entendimento. Isso também é um dos motivos que justifica o estudo deste tema, para que se repense as práticas atuais de ensino, os recursos didáticos empregados e as abordagens adotadas pelos professores.

Silva (2023) analisou também o ensino dos modelos atômicos sob perspectiva docente (professores da rede pública estadual do Estado da Paraíba) e percebeu uma série de dificuldades que complicam a compreensão do conteúdo, desde a questão da infraestrutura das escolas até a ausência de formação contínua dos professores. Em seu estudo, ele propôs atividades audiovisuais e o uso de simulações computacionais em sequências-didáticas para melhor abordagem do tema.

Há alguns outros trabalhos na literatura que exploram as dificuldades e apontam alternativas para o ensino dos modelos atômicos no ensino médio. Melo e Lima Neto (2013), por exemplo, reconheceram a importância do conteúdo e exploraram o sentido da palavra modelo para a desconstrução da idealização do fazer científico. Trabalhando com estudantes do EM, observaram que após o conteúdo ter sido apresentado em sala de aula, a representação mental que os alunos fizeram dos modelos foi insuficiente para fornecer explicações atomistas sobre fenômenos químicos cotidianos.

Lima et al. (2023) apontaram também que um dos principais problemas no ensino dos modelos atômicos é a dificuldade de abstração que os alunos normalmente apresentam em relação aos conceitos atômicos, o que ocasiona uma má representação mental desses modelos. Para superar o ensino tradicional, muitas vezes limitado a analogias e biografias de cientistas, segundo os autores, eles enfatizaram a necessidade de novas abordagens capazes de integrar o conhecimento científico à realidade dos alunos, significando os conceitos apresentados e permitindo uma compreensão mais robusta dos modelos. Nesse artigo, os autores apresentam a abordagem STEAM, a qual integra cinco áreas do conhecimento (*Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics*) para o ensino de modelos atômicos.

Os autores propuseram a aplicação do método STEAM por meio de uma sequência didática estruturada em etapas. Em resumo, problematização inicial (desafio para os alunos, questionário); organização do conhecimento (aprofundamento dos conceitos, exemplos práticos) e aplicação do conhecimento (construção do mutoscópio, pesquisa, roteiro e criação colaborativa). A construção do mutoscópio, dispositivo cinematográfico antigo que permite ilusão de movimento a partir de uma série de imagens sequenciais, permitiu a integração entre as áreas e que os alunos criassem textos sobre os modelos atômicos, podendo assim melhor visualizar os conceitos abstratos e acompanhar o desenvolvimento dos referidos modelos. Segundo os autores, a sequência didática proposta e aplicada mostrou um impacto positivo no entendimento dos modelos atômicos, além do fortalecimento do protagonismo estudantil e das habilidades socioemocionais dos participantes.

Sousa et al. (2012) elaboraram uma sequência didática para trabalhar o tema que culminou com a construção de modelos atômicos empregando materiais alternativos pelos próprios alunos. A metodologia foi aplicada em cinco etapas com 70 alunos da 1ª série do EM e, conforme os pesquisadores, mostrou-se eficiente não apenas por exigir do aluno criatividade para as representações dos modelos, o que demandou leituras e debates, mas também por ser independente de tecnologias e de laboratório.

Farias et al. (2008), por sua vez, analisaram a representação do átomo por alguns alunos com base no modelo das representações sociais e observaram que o de Bohr-Sommerfeld ainda predominava, mesmo após a discussão das limitações deste modelo e a introdução do átomo quântico. Os autores atribuíram essa persistência às ilustrações presentes nos livros didáticos, especialmente na abordagem das transições eletrônicas e das ligações químicas, uma vez que a representação visual do modelo quântico do átomo é mais complexa.

Em sua dissertação de mestrado, Dutra (2019) abordou o ensino dos modelos atômicos por meio das metodologias ativas, produzindo e empregando dois materiais didáticos para abordar o tema na 1ª série do ensino médio: uma caixa de modelos atômicos e um texto didático-científico. De acordo com a autora, a abordagem se mostrou exitosa, possibilitando uma ruptura com os modelos tradicionais de ensino, e propiciando aos alunos desenvolverem habilidades de interpretação, análise, crítica, síntese, dentre outras.

Wiener (2020), por meio de desenhos e de questionários, investigou as concepções de modelos atômicos de 864 professores do EM, de 58 países, identificando quais modelos atômicos eles preferem abordar em sala de aula e o que eles acreditam ser a representação dos alunos sobre modelos atômicos. Os resultados encontrados mostraram que as concepções docentes sobre modelos atômicos e sua percepção sobre o conhecimento dos alunos influenciam diretamente suas práticas pedagógicas, que professores mais experientes tendem a adotar modelos modernos com mais frequência que os professores iniciantes, e que os modelos de Bohr e Rutherford são as representações dominantes entre os discentes. Os autores concluem que há necessidade de mudanças curriculares e estratégias de formação docente para incentivar o uso de modelos atômicos mais alinhados com o conhecimento científico atual.

Assim, considerando a importância da temática e a diversidade de abordagens, e reconhecendo que não há um modelo padrão para a apresentação deste conteúdo, elaborou-se uma sequência didática empregando o teste da chama como fenômeno base para a compreensão do átomo e ensino dos modelos atômicos.

1.2 O teste de chama: descoberta e uso

Remonta à alquimia a análise das cores produzidas por diferentes elementos, quando aquecidos. Entretanto, somente no século XIX que essa propriedade passou a ser estudada sistematicamente, podendo ser aplicada na Química Analítica.

Um dos pioneiros nesse campo de estudo foi o químico alemão Robert Bunsen (1811–1899) que, em colaboração com o físico também alemão, Gustav Kirchhoff (1824–1887), desenvolveu uma metodologia precisa para identificar elementos químicos com base em seus espectros de emissão (Kirchhoff & Bunsen, 1860).

Bunsen aprimorou os métodos de análise química ao desenvolver o queimador bico de Bunsen, que por permitir melhor mistura do combustível com o oxigênio, produzia uma chama não luminosa e estável, ideal para a observação das cores emitidas por diferentes substâncias. Com essa ferramenta, ele observou que determinados sais conferiam colorações específicas à chama, permitindo, assim, sua identificação. Essa observação levou à formulação do conhecido teste de chama, um método qualitativo simples e eficaz, ainda bastante empregado, para detectar elementos metálicos.

A contribuição de Kirchhoff foi essencial para análises mais precisas por permitir que ele e Bunsen desenvolvessem o espectroscópio. Com isso, foi possível estabelecer as linhas espectrais características para cada elemento, o que permitiu a identificação de novos elementos químicos, como o cério (Cs) e o rubídio (Rb), descobertos pelos dois cientistas em 1860.

Desde então, o teste de chama tem sido amplamente utilizado na química analítica e no ensino de Química (Oser, 1928), especialmente para identificar metais alcalinos e alcalino-terrosos, mas não apenas esses íons de metais, e introduzir o conceito de transição eletrônica.

Como diferentes elementos produzem cores distintas na chama, a depender também da temperatura, este ensaio permanece um valioso recurso didático para, de maneira prática e visual, ilustrar o fenômeno da excitação atômica e, com isso, fornecer uma melhor compreensão dos diversos modelos atômicos. A título de ilustração, o Quadro 1 apresenta a coloração das chamas conforme a presença dos respectivos sais de metais alcalinos.

Quadro 1 - Coloração da chama para os sais dos metais alcalinos.

Símbolo	Elemento	Cor da chama
Li	Lítio	Vermelho carmim
Na	Sódio	Amarelo
K	Potássio	Lilás
Rb	Rubídio	Vermelho vioeta
Cs	Césio	Azul

Fonte: Adaptado de Rayner-Canham (1996).

O fenômeno pode também ser contextualizado a partir das experiências com fogos de artifício, que todos conhecem, com a simples queima de uma palha de aço (fagulhas amarelo-avermelhadas, características do Fe) ou a partir de eventos naturais como a erupção de vulcões, os quais emitem, em função da presença do Fe e Ni nas rochas fundidas, luzes predominantemente amarelo-alaranjadas e vermelho-alaranjadas (Atkins & Loreta, 2001).

Outra vantagem do uso do teste de chama é que a sua realização, para fins demonstrativos, não requer o uso de equipamentos sofisticados, nem de reagentes de alto custo e perigosos. O procedimento pode ser executado em chamas de álcoois e a partir de sais simples, no estado sólido, ou em solução. O fio de platina que é costumeiramente usado nos ensaios de Química Analítica, pode também ser substituído por níquel-cromo, corda de violão ou por outro metal de alto ponto de fusão, disponível.

Normalmente, o procedimento envolve as seguintes etapas: i) seleção e disposição de amostras das substâncias a

serem testadas (sólidas, em solução ou na forma de pérolas de bórax); respectivas substâncias, geralmente em forma de sais como cloretos; ii) introdução das amostras em uma chama para a excitação eletrônica. Essa chama, de modo ideal, tem que prover a temperatura suficiente para a observação da cor e baixa luminescência para que o fenômeno seja mais bem apreciado. Um queimador do tipo bico de Bunsen pode ser apropriado, assim como candeeiros à álcool.

Estudos de absorção também podem ser conduzidos por este simples experimento, desde que se disponha de lentes para isso. Por exemplo, uma lente azul, a exemplo do vidro de cobalto, pode absorver ou filtrar o amarelo intenso produzido pelo sódio e, assim, permitir a visualização de cores produzidas por outros metais presentes (Cramez, 2025).

Neste trabalho, o teste de chama foi empregado como fenômeno a ser observado, e como ferramenta didática para justificar a estrutura do átomo e validade dos modelos atômicos.

1.3 Metodologias tradicionais e ativas na educação

As abordagens tradicionais de ensino se caracterizam pela ênfase na transmissão oral expositiva de conteúdos por parte do professor, protagonista de todo o processo (Glasgow, 2019; Ribeiro, 2007). Mesmo em sua forma dialógica, ou expositivo demonstrativo, em que o professor interrompe a passividade do alunato seja por meio de questionamentos e estímulos à participação, seja por projeções práticas utilizando equipamentos e materiais diversos para facilitar a observação, buscando tornar o ambiente mais dinâmico e participativo, o ensino permanece caracterizado como tradicional (Camargo & Daros, 2018).

Essas práticas são fundamentadas na memorização e na repetição, i. e., no estímulo à fixação de conteúdos por meio de leituras, exercícios repetitivos e reprodução do conhecimento ministrado pelo professor, visando a retenção de informações. Normalmente, o desempenho dos alunos é aferido por meio de provas que visam mensurar a capacidade de reprodução de conteúdos trabalhados (Lovato et al. 2018).

Por outro lado, as metodologias que resgatam os alunos da inércia e os põe no centro de todo o processo educativo, são denominadas de metodologias ativas. Tais procedimentos encontram raízes nas investidas de superação dos modelos tradicionais. Essas metodologias ganharam destaques a partir do final do século XIX e início do século XX, com releituras de Rousseau e contribuição de educadores progressistas, como John Dewey, Maria Montessori, dentre outros (Lovato et al. 2018; Diesel et al., 2017).

No Brasil, notadamente a partir dos anos 30, o ensino tradicional passou a sofrer críticas do movimento da Escola Nova, que buscava uma renovação da educação nacional em resposta às necessidades de modernização do país. Predominantemente agrário e rural, o Brasil buscava industrializar-se e se urbanizar, o que exigiria uma forma de educação capaz de formar cidadãos conscientes e que atendessem às demandas da modernidade (Bacich & Moran, 2018). Neste cenário nacional surge, em seguida, Paulo Freire, o qual criticava o movimento escolanovista por sua excessiva ênfase nos aspectos psicológicos e individuais de aprendizagem, secundando as dimensões social e política da educação. Consoante a pedagogia freireana, a educação deveria ser um instrumento de transformação social e de conscientização política. Paulo Freire, sem sombras de dúvida, foi um dos maiores expoentes da educação crítica, popular e ativa, propondo que o aprendizado deveria partir das experiências e da realidade concreta dos alunos, promovendo uma educação libertadora (Camargo & Daros, 2018).

Com o desenvolvimento tecnológico e comunicacional crescentes, as práticas pedagógicas foram, paulatinamente, experimentando e incorporando o uso desses recursos (computadores, *tablets*, *softwares*, *hardwares*, programas computacionais e aplicativos) em sala de aula. Novas abordagens pedagógicas surgiram e aquelas que deslocaram o aluno para o centro do processo de aprendizagem, destacaram-se por promover um ensino com maior interação, engajamento, autonomia e aprendizagem. Essas metodologias foram se constituindo como ativas e se diversificando ao longo do tempo, em função da versatilidade com que podem ser empregadas. Tais abordagens podem ou não ser dependentes da tecnologia, e algumas

empregam recursos simples, caracterizando-se pela acessibilidade e adaptabilidade a diferentes contextos educacionais (Camargo & Daros, 2018; Diesel et al., 2017).

O ensino em geral e o de Química em particular, tem sido beneficiado com o uso de metodologias ativas. Nesse panorama, o professor atua como mediador, auxiliando os alunos na construção e aplicação dos conceitos aprendidos. De acordo com o sequenciamento didático elaborado, a experimentação ou uso do laboratório nas aulas de Química, poderá promover um ensino dinâmico, colaborativo e centrado nos alunos. Neste caso, o uso de atividades experimentais não se reduz apenas à visualização de um fenômeno químico ou ao simples desenvolvimento de habilidades práticas, mas sim oportuniza a vivência do método científico, o debate em grupo, a formulação e verificação de hipóteses, o registro de dados e a análise crítica dos resultados (Lira et al., 2024; Correia, 2023; Cavasin, 2023; Ibañez-González & Mazzuca-Sobczuk, 2018).

Torna-se importante ressaltar que o uso de laboratório não configura luxo no ensino da Química. A cozinha da escola, uma horta, um pátio, podem representar espaços de aprendizagem para os conceitos desta área, e muitos experimentos poderão ser executados com materiais alternativos e seguros quanto à manipulação. O essencial é que a atividade esteja inserida em um planejamento contextualizado em que os alunos atuem como protagonistas e o professor mantenha o controle de toda a cena.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa social, de natureza qualitativa voltada para o ensino por meio do desenvolvimento de sequência didática (Pereira et al., 2018).

Este trabalho foi desenvolvido em uma escola pública estadual situada na cidade de São Luís, Maranhão, durante a vigência do Programa Residência Pedagógica. A sequência didática elaborada foi aplicada aos alunos da 1ª série do Ensino Médio, totalizando 30 participantes, além de ter sido estruturada em quatro momentos pedagógicos (Lima et al., 2023), conforme descrito no Quadro 2.

O roteiro da atividade experimental foi entregue previamente para os alunos de modo que pudessem pesquisar e contribuir com as discussões a serem realizadas no laboratório. Os sais escolhidos e disponíveis para a realização da atividade, foram: cloreto de sódio (NaCl), sulfato de magnésio (MgSO₄), cloreto de potássio (KCl), sulfato de cobre (CuSO₄) e cloreto de cálcio (CaCl₂). Os experimentos foram conduzidos em um queimador de bico de Bunsen, mas foi demonstrado para os alunos que também poderia ser executado, mas com precaução, com o uso de isqueiro. Desse modo, o trabalho seguiu uma abordagem qualitativa, com foco na experimentação e aplicação de metodologias tradicionais e ativas não dependentes de tecnologia (Alarcão, 2011; Ghedin & Franco, 2008; Zeichner, 2008).

A aula prática foi realizada no laboratório de química de uma escola pública estadual em São Luís do Maranhão, em dois momentos distintos, em função do quantitativo de alunos. Os estudantes trabalharam em pequenos grupos, visando uma formação colaborativa, construção e refutação de ideias. A sistematização e avaliação do conteúdo foi conduzida em sala de aula, no formato de uma roda de conversa, em que as equipes socializaram os seus resultados e percepções e dirimiram dúvidas sobre o conteúdo.

Quadro 2 - Etapas desenvolvidas na sequência didática.

Etapas	Objetivo	Procedimento
Problematização inicial	Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre átomos e sua aplicação no cotidiano.	Dinâmica de perguntas e respostas espontâneas para melhor compreender as concepções dos alunos. Uso de imagens e exemplos do cotidiano para valorizar as vivências e estimular a reflexão. Momento expositivo dialogado para introduzir o tema de átomos e os modelos que os caracterizavam, ressaltando o caráter histórico da evolução científica.

Organização do conhecimento	Apresentar os modelos atômicos, os conceitos fundamentais envolvidos e sua evolução histórica (do átomo grego ao modelo quântico do átomo).	Aula expositiva interativa com apoio de recursos visuais e aplicação de exercícios práticos e estudos de caso para a contextualização dos conteúdos.
Aplicação do conhecimento	Relacionar os modelos atômicos à experimentação científica e consolidar aprendizagens.	Atividade prática no laboratório de Química, com a realização do teste de chama para a visualização das cores indicativas dos diferentes elementos. Registro e análise colaborativos pelos alunos.
Sistematização e avaliação do conteúdo	Avaliar a compreensão dos alunos e estimular a construção do conhecimento de forma crítica. Incentivar a autoavaliação e verificar a assimilação dos conceitos.	Debate em grupos sobre os resultados experimentais para esclarecer dúvidas e reforçar a importância dos modelos na ciência, e aplicação de questionário reflexivo sobre os modelos atômicos.

Fonte: Adaptado de Lima et al. (2023).

3. Resultados e Discussão

3.1 Encontros dialógicos e concepções iniciais dos alunos

Consoante a organização didática apresentada (Lima et al., 2023), a abordagem em sala de aula foi conduzida no formato expositivo dialógico, com objetivo de sondar os conhecimentos prévios, bem como possíveis obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996). Para esse momento, uma série de questões foram formuladas, apresentadas e discutidas pela turma (Quadro 3). À medida que as respostas espontâneas iam surgindo, que os alunos exercitavam os seus modelos explicativos e expunham seus conhecimentos, foram apresentados fenômenos materiais que muitas vezes contrariavam suas observações, fazendo-os refletir melhor em seus modelos e os preparando para o conteúdo a ser trabalhado.

Quadro 3 - Questões prévias apresentadas para sondagem e contextualização do conteúdo Modelos Atômicos.

O que é matéria e do que ela é formada?
O que é átomo e do que ele é constituído?
Vocês já ouviram falar do elétron? Como vocês o definem?
Vocês têm conhecimentos sobre os modelos atômicos? O que é um modelo?
Quantos modelos atômicos existem?

Fonte: Elaboração própria (2025).

As respostas para as questões formuladas foram genéricas e baseadas em opiniões pessoais. A maioria da turma absteve-se da fala, aparentemente incomodada com a abordagem interativa, receosa talvez de que fosse diretamente questionada. No entanto, 20% responderam que átomos são as estruturas que formam o mundo e os seres vivos; 17% responderam que o elétron é algo que tem carga negativa; 10% definiram o elétron como uma partícula positivamente carregada; 10% responderam que existiam 5 modelos atômicos, mas que não sabiam nomeá-los todos e outros 10% defenderam que existiam menos de 5 modelos. Durante as falas dos alunos, os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr foram citados.

O momento seguinte da sequência didática (organização do conhecimento), foi estruturada com base nas falas dos alunos, e desenvolvido por meio de uma aula expositiva com uso de recursos audiovisuais. Nessa etapa, abordou-se a evolução do pensamento atômico, desde a concepção grega, como proposta conciliatória entre os Jônios (sensistas) e os Eleatas (racionalistas), os primeiros presos ainda à experiência sensível assumindo que não havia outra realidade que não a mudança, e os eleatas, afirmando que a única realidade era o ser, tudo mais era ilusão (Thonard, 1968), até o modelo quântico, apoiando-se em analogias e ilustrações (Nardi & Almeida, 2006). Em adição, foram destacados os marcos que representaram a ruptura de

um modelo em detrimento de outro, demonstrando a natureza dinâmica e histórica da ciência e desconstruindo mitos sobre o fazer científico, desmitificando o fazer científico (Rodrigues et al., 2023).

3.2 Conexão teoria-prática: observações do teste de chama

Para ilustrar a validade dos modelos atômicos e realçar a distribuição dos elétrons no interior dos átomos, foi elaborado um roteiro de aula prática, empregando o teste da chama, conforme mencionado anteriormente. Esse ensaio, embora simples, é bastante visual, despertando o interesse dos alunos e exigindo atenção aos detalhes para sua correta interpretação.

Durante a realização dos experimentos, os alunos foram desafiados a estabelecer relações entre as observações experimentais e os modelos previamente discutidos em sala de aula. Para direcionar essa reflexão, o roteiro experimental incluiu um conjunto de questões (Quadro 4) incentivando a discussão em grupo, a análise crítica e participação ativa dos estudantes.

Quadro 4 - Teste de chama e modelos atômicos: questões norteadoras.

Descreva as etapas seguidas no ensaio do teste de chama.
Quais os materiais empregados?
Escreva as fórmulas químicas dos compostos testados.
Quais cores foram observadas na chama? Elas correspondem às cores originais dos compostos?
Com base na composição dos materiais testados, como se pode explicar o surgimento das diferentes colorações no teste de chamas?
Por que materiais distintos apresentam cores diferentes na chama?
Qual modelo atômico melhor explica esse experimento?
Você já conhecia o experimento? O que achou da experiência?

Fonte: Elaboração própria (2025).

3.3 Momento final: socialização dos resultados e avaliação da sequência didática

Os alunos participaram de um momento de socialização dos resultados em uma etapa seguinte à realização do experimento. Na ocasião, eles discutiram suas observações e estabeleceram conexões entre o fenômeno da emissão de luz e os modelos atômicos abordados em sala de aula. Tiveram a oportunidade de refletir sobre o método científico e a importância do modelo, em termos de justificar e prever fenômenos.

A partir das aulas expositivas e do acompanhamento durante o experimento, era esperado que os alunos facilmente estabelecessem conexões entre o fenômeno observado (emissão de luz) e os diversos modelos teóricos, condizente ao que foi descrito no Quadro 5.

Em termos gerais, as equipes conseguiram descrever o procedimento experimental seguido e compreenderam a necessidade da chama para a produção do fenômeno em estudo. Além disso, identificaram os materiais empregados e as respectivas fórmulas químicas dos compostos testados, consolidando o conhecimento adquirido em nomenclatura e linguagem químicas.

Em relação às cores observadas na chama, as equipes relataram observações similares, e destacaram bem que diferentes sais produziram, de fato, cores distintas. Na descrição dos alunos, o cloreto de sódio e de potássio foram identificados com as colorações amarela intenso e violeta (ou lilás), respectivamente. Os sais dos alcalinos terrosos, CaCl_2 e MgSO_4 , foram também bem descritos pelas equipes. Enquanto o primeiro apresentou uma coloração ‘laranja forte’, o sulfato de magnésio apresentou ‘uma chama fraca com tons alaranjados’. Esta descrição está coerente, considerando que os íons Mg^{2+} não imprimem coloração à chama, por emitir na região do ultravioleta do espectro, as cores observadas se devem à contaminação do próprio sal provavelmente pela presença dos íons sódio (Mattes & Jacobsen, 2022). As equipes declararam que a chama, com a presença do sulfato de cobre, adquiriu coloração azul pálida com tonalidades laranja fraco. A coloração

esperada para este sal é azul esverdeada ou verde esmeralda.

Ao discutir o surgimento dessas diferentes colorações, os alunos apresentaram explicações variadas. Alguns atribuíram o fenômeno ao modelo de Bohr, mencionando que os elétrons absorvem energia e realizam saltos quânticos. Outros destacaram que o aquecimento dos elétrons provoca sua excitação e posterior relaxamento, liberando energia na forma de luz. Apesar das variações na formulação das respostas, a maioria demonstrou compreensão correta do fenômeno.

Sobre a familiaridade com o experimento, apenas dois afirmaram já tê-lo visto anteriormente na internet. Em contrapartida, todos relataram ter apreciado a experiência, destacando a importância dela para a melhor compreensão dos conteúdos.

Apesar do engajamento e do aprendizado observado, algumas questões foram formuladas pelas equipes (por que alguns sais apresentaram uma chama mais fraca do que outros? Por que algumas chamas mudaram de cor enquanto outras mantiveram uma única coloração? Por que sais de mesma cor não produziram chamas da mesma tonalidade?), as quais foram esclarecidas por meio da retomada do modelo de Bohr e do modelo quântico, facilitando a assimilação dos conceitos abordados.

Como resultado, os alunos demonstraram um bom rendimento, maior interesse pelo tema e melhor compreensão do conceito de salto quântico.

Quadro 5 - Relações diretas entre os modelos atômicos e o teste de chama.

Modelo	Relação com o teste de chama
Modelo de Dalton ou da esfera maciça (1803)	O teste de chama pode ser um ponto de partida para discutir a limitação do modelo de Dalton. Como o átomo neste modelo se caracteriza pela massa, não possuindo carga e nem, consequentemente, partículas subatômicas, ele não consegue explicar por que diferentes elementos emitem cores distintas quando aquecidos. Isso já indica que o átomo não é uma esfera indivisível.
Modelo de Thomson ou pudim passas (1897)	Embora Thomson tenha descoberto os elétrons através dos estudos conduzidos sobre os raios catódicos na ampola de Crookes, seu modelo não era capaz de explicar também por que os elementos emitiam cores características no teste de chama. Thomson não poderia localizar adequadamente os elétrons no interior do átomo, imaginava-os dispersos em um fluido positivo. O teste de chama indica que os elétrons não estão distribuídos aleatoriamente, como sugeria o modelo de Thomson.
Modelo de Rutherford ou planetário (1911)	Rutherford sugeriu o modelo nuclear como explicação para o padrão de espalhamento de partículas α observado por ele. O teste de chama pode ser relacionado à ideia de que os elétrons orbitam um núcleo. Porém, como o modelo de Rutherford não previa níveis de energia quantizados, ele não conseguia explicar os espectros descontínuos de emissão dos elementos.
Modelo de Bohr ou de camadas eletrônicas (1913)	Reconhecendo que a física clássica não era capaz de explicar o átomo, considerando que não explicava satisfatoriamente uma série de outros fenômenos, dentre eles o efeito fotoelétrico, a radiação dos corpos aquecidos e os espectros atômicos, Bohr teorizou as órbitas estacionárias e a mudança de energia quando um átomo altera o seu estado estacionário. De acordo com os seus postulados, a energia envolvida nestas mudanças de estado era quantizada segundo a equação de Planck, $E = h \cdot \nu$. Assim, para esse modelo o teste de chama se torna interessante, considerando que quando um elemento é aquecido na chama, seus elétrons absorvem energia e saltam para níveis de energia superiores. Ao retornarem para os níveis mais baixos, emitem luz em comprimentos de onda específicos, gerando cores características. Isso é mais fácil para os metais, já que apresentam átomos maiores que os ametais e, portanto, elétrons mais fáceis de serem excitados. O teste confirma a teoria de Bohr sobre a quantização dos níveis eletrônicos, ajuda os alunos a compreenderem as diferenças nas colorações, a visualizar a estrutura eletrônica dos átomos, justificando o porquê de ametais não influenciarem na coloração da chama. Entretanto, o modelo não define bem o arranjo dos elétrons no interior do átomo, por ter sido elaborado para espécies hidrogenóides, i. e., com apenas um elétron.
Modelo Quântico ou da esfera difusa (atual)	O teste de chama se aplica melhor a este modelo por apresentar o arranjo dos elétrons no interior do átomo, em orbitais específicos, cada um caracterizado por um conjunto de números quânticos. Embora a complexidade deste modelo para os níveis introdutórios de química, fica mais fácil a compreensão de que diferentes elementos emitem cores distintas e características porque possuem configurações eletrônicas únicas, o que influencia as transições eletrônicas e os espectros de emissão.

Fonte: Elaboração própria (2025).

4. Conclusão

O experimento do teste de chama permitiu que os alunos visualizassem um fenômeno químico diretamente relacionado à estrutura atômica. A sequência didática proposta contribuiu para uma melhor representação do átomo como uma estrutura dinâmica, com arranjos definidos de elétrons organizados em níveis específicos de energia e à evolução dos modelos atômicos.

Os resultados observados indicaram um desempenho positivo com o uso combinado de metodologias tradicionais e ativas no ensino de Química, colocando os alunos como protagonistas, promovendo um estudo colaborativo e favorecendo maior engajamento, autonomia e interação em sala de aula.

A sequência didática elaborada é simples e não requer condições excepcionais para sua implementação. Ademais, apresenta a vantagem de ser versátil, permitindo a discussão de outros temas, como quantização e números quânticos, bem como a identificação de espécies químicas. Outros sais da mesma família ou período da Tabela Periódica podem ser empregados, possibilitando associações entre configuração eletrônica e coloração da chama. Da mesma forma, outras fontes de chama, como as de álcool e isqueiros, podem ser exploradas.

Outro benefício da metodologia é a oportunidade de trabalhar a educação científica, permitindo que os alunos compreendam melhor o método científico e desmistifiquem sua aplicação. Além disso, os aspectos motivacionais, colaborativos e, sobretudo, críticos podem ser desenvolvidos a partir da abordagem proposta.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Residência Pedagógica (CAPES) pelo apoio financeiro concedido e à Secretaria de Educação do Governo do Estado do Maranhão - SEDUC pela oportunidade de realizar a atividade em uma das suas escolas públicas.

Referências

- Alarcão, I. (2011). *Professores reflexivos em uma escola reflexiva*. (8. ed.). Editora Cortez.
- Alba, J., Salgado, T. D. M. & Del Pino, J. C. (2013). Estudo de Caso: uma proposta para abordagem de funções da Química Orgânica no Ensino Médio. *R. Bras. de Ensino de CT - R. B. E. C. T.*, 6(2), 76-96. <https://revistas.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1630/1037>
- Atkins, P. & Jones, L. (2001). *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*, Editora Bookman.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Editora Contraponto.
- Bacich, L. & Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* [recurso eletrônico]. Editora Penso, 77 – 104.
- Bender, W. N. (2014). *Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI*. Editora Penso, 2014.
- Camargo, F. & Daros, T. (2018). *A Sala de Aula Inovadora: Estratégias Pedagógicas para Fomentar o Aprendizado Ativo*. Editora Penso.
- Cavasin, E. N da S. (2023). *A experimentação investigativa como alternativa para o ensino de química no Ensino Médio*. 119f. Dissertação (Mestrado – Tecnologias, Metodologias e Recursos Didáticos para o Ensino de Ciências e Matemática). Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado/RS. <https://www.univates.br/bdu/items/b7340c59-f564-458b-862e-cfb9def4ea9f>
- Ibáñez-González, M. & Mazzuca-Sobczuk, T. (2018). Active Methodologies in Chemistry. *Proceedings*. 2. 1339. 10.3390/proceedings2211339.
- Cicillini, G. A. & Silveira, H. E. (2005). Modelos Atômicos e Representações no Ensino de Química. *Enseñanza De Las Ciencias*, 1(50). Número Extra. VII Congresso. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp156modado.pdf
- Correia, E. S. (2023). *A prática da experimentação em sala de aula: o uso de materiais alternativos em experimentos como meio facilitador do ensino de química no ensino médio*. 2023. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química.). Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, 2023.
- Cramez, C. (2025). *Teste de Chama*. Estatigrafia Sequencial: definições e ilustrações de termos e conceitos. <http://homepage.ufp.pt/biblioteca/Estatigrafia%20Sequencial/HomePage.html>. Acessado em 13 de fevereiro de 2025.

- Diesel, A., Baldez, A. L. S. & Martins, S. N. (2017). Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, Centro Universitário Centro Universitário Univates, Lajeado/RS, 14 (1), 268-288.
- Dutra, A. A. (2019). *O ensino de modelos atômicos por meio de metodologias ativas*. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. 149 p. http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/37345/1/2019_ArleneAlvesDutra.pdf
- Farias, R. F., Nascimento, R. P., Bezerra, C. W. B. & Lima, J. B. (2008). O Modelo Atômico de Bohr: passado ou presente. *Química no Brasil*, 2, p. 113 – 115.
- Ghedin, E. & Franco, M. A. S. (2008). *Questões de método na construção da pesquisa em educação*. Editora Cortez.
- Jiménez, J. L. S. (2024). Aplicação do método 5E para desenvolver competências de ciência e tecnologia em estudantes de ensino médio. *Revista Científica y Académica*, 4 (1), 570- 590. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/141512?show=full>
- Kirchhoff, G. & Bunsen, R. (1860). Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. *Annalen der Physik und Chemie*, 110(6), 161–189.
- Lima, C. A. I., Rodrigues Júnior, E., Marques, F. C., Oliveira, P. J. P. & Souza, T. S. (2023). O Ensino de Modelos Atômicos através da Abordagem STEAM: Relato de Sequência Didática. *Revista Sociedade Científica*, 6(1), 1124 – 1150. 10.0906/rsc.2023371374. https://cachoeiro.ifes.edu.br/images/stories/direcao_pesquisa/pos/ciencias_naturais/Artigo_15.pdf
- Lira, A. de L., Vellozo, M. C. S., Sobrinho, M. L. L., Silva, L. P. S., Alves, R. F., Lima, L. da S. de & Souza Neto, P. A. de. (2024). Experimentação no ensino de química: um relato de experiência no programa de residência pedagógica. *Cuadernos De Educación Y Desarrollo*, 16(4), e4078. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n4-163>
- Lopes, R. M. (2019). Características gerais da aprendizagem baseada em problemas. In: Lopes, R. M., Silva Filho, M. V. & Alves, N. G. (org.). *Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores*. Rio de Janeiro: Publiki. p. 47 – 75. <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432641/2/APRENDIZAGEM%20BASEADA%20EM%20PROBLEMAS%20-%20fundamentos%20para%20a%20sua%20aplicacao%20na%20formacao%20de%20professores.pdf>
- Lovato, F. L., Michelotti, A., Silva, C. B. da & Loretto, E. L. da S. (2018). Metodologias Ativas de Aprendizagem: uma Breve Revisão. *Acta Scientiae*, 20(2). <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/3690/2967>
- Mahan, B. & Myers, R. J. (1998). *Química: um curso universitário*. Editora Edgard Blucher.
- Mattes, F. & Jacobsen, J. J. (2022) Colors of elements in a flame – magnesium chloride. *ChemED-X*. <https://www.chemedx.org/video/colors-elements-flame-magnesium-chloride>
- Melo, M. R. & Lima Neto, E. G. (2013). Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 112-122.
- Nardi, R. & Almeida, M. J. P. M. (2006). *Analogias, Leituras e Modelos no Ensino da Ciência*. Escrituras Ed. 159 p.
- Nascimento, F. G. M. do & Rosa J. V. A. da. (2020). Princípio da sala de aula invertida: uma ferramenta para o ensino de química em tempos de pandemia. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], 6(6), 38513–38525. DOI: 10.34117/bjdv6n6-409. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11816>.
- Oser, J. I. (1928). Flame tests. *Journal of Chemical Education*, 5(2), 192. doi:10.1021/ed005p192.
- Paniago, R., Nunes, P. G. & Belisário, C. M. (2020). Residência pedagógica em um instituto federal: narrativa dos (des) caminhos formativos. *Formação Docente – Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores*, 12(25), 67-80. <https://www.revformacao docente.com.br/index.php/rbfp/article/view/414>
- Pazinato, M. S. & Braibante, M. E. F. (2014). O estudo de caso como estratégia metodológica para o ensino de química no nível médio. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, 5(2), 1–18. <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/317>
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Editora UAB/NTE/UFSM. 7)
- Rayner-Canham, G. (1996). Descriptive Inorganic Chemistry. W. H. Freeman and Company, USA, 492 p.
- Resende, A. C. C., Freitas, C. A., & Bassoli, F. (2023). A residência docente como espaço formativo: narrativas sobre a construção de saberes e da identidade profissional de professoras de ciências e biologia. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências* (Belo Horizonte), 25, e40759. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240143>. <https://www.scielo.br/j/epec/a/c5JKs88LNHTpBTmmZHMh38M/?lang=pt>
- Rodrigues, M. V. R., Santos, D. R. & Bezerra, C. W. B. (2023). Science in the Representation of Young Students from São Luís – MA .Research, Society and Development, 12(1), p. e9212139368, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i1.39368.
- Saraiva, H. T., Galvão, S. de S. L. & Morais, M. A. C. de. (2021). *Gamificação e aprendizagem: passo a passo para o desenvolvimento de projetos de ensino gamificados*. Parnaíba: IFPI. <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/602994/4/Gamifica%C3%A7%C3%A3o%20a%20Aprendizagem%20-%20EBOOK.pdf>
- Silva, P. R. B. (2023). *Refletindo o Ensino de Estrutura Atômica em Aulas de Química no Ensino Médio: a Visão Docente e Propostas de Atividades*. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Silveira Junior, C. R. da. (2020). *Sala De Aula Invertida: Por Onde Começar?* Goiânia: Instituto Federal de Goiás, Goiânia. [http://www.ifgoias.edu.br/attachments/article/19169/Sala%20de%20aula%20invertida_%20por%20onde%20come%C3%A7ar%20\(21-12-2020\).pdf](http://www.ifgoias.edu.br/attachments/article/19169/Sala%20de%20aula%20invertida_%20por%20onde%20come%C3%A7ar%20(21-12-2020).pdf)

- Soares, S.V. & Bezerra, C. W. B. (2022). O modelo instrucional 5E e o ensino de Química: definições e estratégias. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 11(1), e14511124654. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24654>
- Sousa, E. C. S., Lima, J. B. & Bezerra, C. W. B. (2012). A Construção dos Modelos Atômicos em Sala de Aula: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Química*. 67, 77 – 93.
- Thonard, F. J. A. A. (1968). *Compêndio de História da Filosofia. Tomo I*, Editora Herder, 444p.
- Valente, J. A. (2018). A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: Bacich, Lilian; Moran. José (Org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* [recurso eletrônico]. Editora Penso, 77 – 104.
- Vasconcelos, J. S. & Queiroz Neto, J. P. de. (2020). *Manual para aplicação da metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos de maneira interdisciplinar*. Manaus: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro.
- Wiener, J. (2020). Science teachers' conceptions of atomic models. *European Journal of Mathematics and Science Education*, 1(2), 67-80. <https://doi.org/10.12973/ejmse.1.2.67>
- Zeichner K. Repensando as conexões entre a formação na universidade e as experiências de campo na formação de professores em faculdades e universidades. *Educ (UFES)* [Internet]. 10 dez 2010;35(3):479-504. <https://doi.org/10.5902/198464442357>.