



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA**

LUCAS TOGNOLI RODRIGUES

**ENSINO DOS MODELOS ATÔMICOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA:
ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO A PARTIR DE UMA
REVISÃO DE LITERATURA**

**Campo Grande, MS
2025**

Lucas Tognoli Rodrigues

**ENSINO DOS MODELOS ATÔMICOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA: ANÁLISE DE
ESTRATÉGIAS DE ENSINO A PARTIR DE UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Física
Licenciatura da Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul
como requisito parcial para a
obtenção do grau Físico Licenciado.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lisiane
Barcellos Calheiro
Coorientador: Prof. Dr. Além Mar
Gonçalves

Campo Grande, MS
2025

Lucas Tognoli Rodrigues

Ensino dos Modelos Atômicos Na Educação Básica: Análise de Estratégias de
Ensino a Partir de uma Revisão de Literatura

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Física
Licenciatura da Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul
como requisito parcial para a
obtenção do grau Físico Licenciado

Aprovado em xx DE XXXX de 2025

Prof^a Dr^a Lisiâne Barcellos Calheiro
(Presidente/Orientadora)

Ms^a. Karol Nunes de Oliveira

Prof. Ms. Vinícius Galvan

Campo Grande, MS
2025



ATA DE SESSÃO DE AVALIAÇÃO

Aos oito dias do mês de dezembro do ano de 2025 reuniu-se a banca avaliadora do Trabalho de Conclusão de Curso formada pelos membros Lisiane Barcellos Calheiro (orientadora), Além-Mar Bernardes Gonçalves (Coorientador), Karol Nunes de Oliveira e Vinícius Galvan Walter para, sob a presidência do primeiro, avaliar o trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Física Licenciatura, do acadêmico Lucas Tognoli Rodrigues (RGA 2023.2403.015-0), intitulado "Ensino dos Modelos Atômicos Na Educação Básica: Análise de Estratégias de Ensino a Partir de uma Revisão de Literatura". Após a apresentação oral do trabalho pelo acadêmico e a avaliação pelos membros da banca avaliadora, o mesmo foi considerado:

- Aprovado.
 Reprovado, com nova defesa dentro de 30 dias.

Observações: A aprovação está condicionada as correções na íntegra do texto de acordo com o pareceres dos membros da banca.

O acadêmico dispõe de até 30 dias para a entrega da versão final do trabalho.
 Reprovado.

Campo Grande, 8 de dezembro de 2025.

Lisiane Barcellos Calheiro (Presidente)

Além-Mar Bernardes Gonçalves (Membro Titular)

Karol Nunes de Oliveira (Membro Titular)

Vinícius Galvan Walter (Membro Titular)

Lucas Tognoli Rodrigues (Acadêmico)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Lisiane Barcellos Calheiro, Professora do Magistério Superior**, em 09/12/2025, às 09:53, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Alem Mar Bernardes Goncalves, Professor do Magisterio Superior**, em 09/12/2025, às 10:19, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **LUCAS TOGNOLI RODRIGUES, Usuário Externo**, em 09/12/2025, às 11:00, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Vinícius Galvan Walter, Usuário Externo**, em 09/12/2025, às 12:19, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Karol Nunes de Oliveira, Usuário Externo**, em 10/12/2025, às 09:20, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
[https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?
acao=documento_verificar&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_verificar&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6093844** e o código CRC **F6DBF5DB**.

INSTITUTO DE FÍSICA

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.034432/2025-18

SEI nº 6093844

AGRADECIMENTOS

Há muitas pessoas que de forma indireta e direta colaboram com esse trabalho, mas primeiramente agradeço a Deus, que de forma misericordiosa tem me sustentado. Sem ele nada disso teria acontecido. Obrigado Deus pela saúde e força que me deste para terminar esse trabalho.

Foram muitos desafios ao longo que desse processo no qual agradeço a minha mãe Rosa, que sempre acreditou em mim e sempre fez questão de enfatizar isso pessoalmente. Obrigado mãe por tudo. Sua força e coragem foram meus combustíveis a seguir em frente.

Agradeço também meu Pai que sempre esteve ao meu lado, me motivando a estudar.

Agradeço aos meus irmãos Matheus, Jonathan e a Hadassa pelo apoio e paciência.

Agradeço ao meu grande amigo José Augusto, por ter me dado apoio moral e espiritual nos momentos mais difíceis que só nos dois sabemos. Obrigado por ter me emprestado sua moto por seis meses para ir a faculdade, sem isso, provavelmente não teria chegado ao fim do curso. Ao Jair, Glória pelos conselhos e impressões muita das vezes gratuitas. Ao Leandro que cortou meu cabelo várias vezes de graça de modo a me incentivar a terminar o curso. A Cleecya e Marcia, pela amizade, e pelos papos que se tornou muita das vezes uma terapia. Célula Ebenézer sempre estará no meu coração.

Obrigado também ao Instituto de Física, pelo curso de licenciatura em física e pela qualidade prestada.

Obrigado meus orientadores Lisiâne e Além pela orientação e pela paciência. Sem vocês nada disso teria acontecido. Admiro o trabalho e dedicação de vocês, são inspiração para mim. Desejo todo o sucesso do mundo para vocês.

Obrigado Também a Professora Diretora Dorotéia, uma pessoa fantástica, guardarei com carinho as lembranças de suas aulas.

Aos meus colegas de curso, Fernando Sian, Renato e Alessandra. Aos Professores, Cícero, Maria Inês, Bruno Dias e ao Coordenador Vinícius.

Obrigado UFMS, obrigado Infi e obrigado Professores.

RESUMO

O ensino de modelos atômicos constitui um dos pilares fundamentais para a compreensão da ciência, especialmente nos campos da Física e da Química, por envolver conceitos que articulam a estrutura da matéria, os processos de transformação química e os fundamentos da Física Moderna. Inserido nesse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta uma revisão da literatura cujo objetivo é analisar as propostas de ensino de modelos atômicos direcionadas à Educação Básica, identificando suas características, abordagens pedagógicas e contribuições para a aprendizagem. A partir dessa perspectiva, a pesquisa buscou responder à seguinte questão: *Quais propostas didáticas para o ensino de modelos atômicos na educação básica têm sido apresentadas na literatura científica brasileira?* Para alcançar esse objetivo, realizou-se uma revisão de literatura, cujas produções foram analisadas e organizadas em quatro categorias principais: (1) questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos; (2) propostas aplicadas em sala de aula acompanhadas de resultados de aprendizagem; (3) , Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos; e (4) Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos de modelos atômicos, estabeleceram-se ainda subcategorias que abarcam o uso de TICs, atividades lúdicas, história da ciência, analogias, produção de atividades escritas e recursos computacionais. A análise revelou que, embora cada abordagem apresente desafios específicos, todas contribuem para promover aprendizagens com significados, levando os estudantes a substituir explicações baseadas na memorização por argumentos mais coerentes e conceitualmente fundamentados. Conclui-se que a combinação de diferentes metodologias, quando adequadamente contextualizadas, favorece uma compreensão dos modelos atômicos, fortalecendo tanto a construção conceitual.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Modelos Atômicos. Educação Básica.

ABSTRACT

The teaching of atomic models is one of the fundamental pillars for understanding science, especially in the fields of Physics and Chemistry, as it involves concepts related to the structure of matter, chemical transformation processes, and the foundations of Modern Physics. Within this context, this undergraduate thesis presents a literature review aimed at analyzing teaching proposals on atomic models directed at Basic Education, identifying their characteristics, pedagogical approaches, and contributions to student learning. From this perspective, the research sought to answer the following question: What teaching proposals for the instruction of atomic models in Basic Education have been presented in Brazilian scientific literature? To achieve this objective, a literature review was conducted, and the selected studies were analyzed and organized into four main categories: (1) epistemological and historical issues related to the teaching of atomic models; (2) proposals implemented in the classroom and accompanied by learning outcomes; (3) teaching proposals specifically focused on the study of atomic models; and (4) analyses of high school textbooks that address content related to atomic models. Additionally, subcategories were established to encompass the use of ICTs, playful activities, history of science, analogies, production of written activities, and computational resources. The analysis revealed that, although each approach presents specific challenges, all contribute to promoting meaningful learning, leading students to replace memorization-based explanations with more coherent and conceptually grounded arguments. It is concluded that the combination of different methodologies, when appropriately contextualized, favors a more robust understanding of atomic models and strengthens conceptual development.

Keywords: Science Teaching. Atomic Models. Basic Education.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição da Estratégia PICO.....	19
Quadro 2 – Quantidade Total de Trabalhos na etapa inicial	20
Quadro 3 – Número de Trabalhos após adicionado os critérios de inclusão e exclusão .	21
Quadro 4 – Resultado da Triagem Completa	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do Processo de Seleção dos Estudos segundo o Protocolo PRISMA.....	23
---	-----------

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2. METODOLOGIA	19
2.1 SELEÇÃO DOS TRABALHOS	20
3.RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
3.1 ANÁLISE POR CATEGORIAS	28
3.1.1 Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos.....	29
3.1.1.1 Atividades Lúdicas	29
3.1.1.2 História da Ciência.....	30
3.1.2 Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos.....	32
3.1.2.1 Atividades Lúdicas	32
3.1.2.2 Analogias.....	33
3.1.2.3 História da Ciência.....	34
3.1.3 Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem	35
3.1.3.1 Atividades Lúdicas	35
3.1.3.2 Produção de Atividades Escritas	36
3.1.3.3 Recursos Computacionais.....	37
3.1.3.4 Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs.....	39
3.1.4 Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos.....	40
3.1.4.1 Atividades Lúdicas	40
3.1.4.2 Produção de atividades escritas	41
3.1.4.3 Recursos Computacionais.....	42
3.1.4.4 Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs.....	42
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
5.REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O ensino de modelos atômicos constitui um dos pilares fundamentais para a compreensão da ciência, especialmente nos campos da Física e da Química, pois envolve conceitos que articulam a estrutura da matéria, os processos de transformação química e os fundamentos da Física Moderna. Ao buscar explicar a realidade, a ciência elabora representações do mundo, entre as quais os modelos assumem papel central (Palandi, 2010; Silva e Castelli, 2019). Esses modelos, concebidos como abstrações historicamente construídas para interpretar a constituição da matéria e os fenômenos associados às suas propriedades, tornam-se importantes para a compreensão de diversos conteúdos trabalhados ao longo do Ensino Fundamental e do Ensino Médio.

Ao longo da história da ciência, os modelos atômicos passaram por significativas transformações, desde as concepções filosóficas de Leucipo e Demócrito até as formulações propostas pelos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, culminando nos modelos matematicamente refinados da Mecânica Quântica. Essa trajetória, embora rica em significados, caracteriza-se por uma complexidade crescente, o que pode representar um desafio para o ensino, especialmente quando conduzido de forma meramente expositiva ou descontextualizada (Bizzo, 2009). Essa dificuldade decorre, em parte, da própria natureza dos conceitos envolvidos. Muitos aspectos centrais da ciência, como partículas subatômicas ou o comportamento de sistemas em escala microscópica, resultam de construções teóricas idealizadas e não de observações diretas, o que exige do estudante a elaboração de representações mentais complexas. Nesse contexto, o uso de abordagens despreparadas e desprovidas de fundamentos teóricos, muitas vezes apoiadas em exemplos confusos ou superficiais, acaba por descredibilizar ferramentas pedagógicas importantes para a construção de modelos, como por exemplo a contextualização e o emprego adequado de analogias (Dutra, 2019).

Diante dessa complexidade conceitual e histórica, torna-se fundamental a adoção de metodologias de ensino que favoreçam a compreensão significativa desses modelos. Abordagens como a problematização histórico-crítica, estratégias

investigativas e a modelagem científica possibilitam que os estudantes atribuam sentido aos conteúdos científicos estudados em sala de aula (Heidemann, 2015).

De acordo com Braga e Toledo (2013), há um consenso sobre a importância dos modelos dentro do campo de ensino em ciências, mesmo que não exista uma definição única ou universal para o termo. Esse debate é recorrente na filosofia da ciência e envolve discussões sobre linguagem, sintaxe e semântica, especialmente no que diz respeito à forma de representar didaticamente o realismo presente em uma teoria científica.

Para Giere (1999), é comum que a representação seja compreendida como linguística, com a matemática sendo considerada uma forma de linguagem. No entanto, o autor argumenta que, além da sintaxe e da semântica, a pragmática desempenha um papel fundamental na compreensão da representação científica, pois é a partir desse uso que suas características emergem e se tornam visíveis.

Silva e Catelli (2019) ressaltam que o termo “modelo” pode assumir múltiplos significados e que já não é possível compreendê-lo por meio de uma definição única ou universal. Segundo os autores, essa multiplicidade é discutida também por Jean-Louis Le Moigne, epistemólogo e formulador da Teoria dos Sistemas, que atribui a ausência de consenso à crescente complexidade dos sistemas científicos e educacionais, nos quais os modelos desempenham funções distintas conforme o contexto. Assim, em vez de serem vistos como entidades fixas ou estáticas, os modelos devem ser entendidos como construções teóricas flexíveis, cuja natureza se modifica de acordo com os objetivos do conhecimento, com a linguagem empregada e com o campo de aplicação.

Nessa perspectiva, Silva e Catelli (2019), observam que um modelo pode assumir diferentes formatos como um desenho, diagrama, esboço, ilustração, maquete, estrutura matemática, programa computacional ou até uma representação icônica. Do ponto de vista epistemológico, todas essas possibilidades podem ser vistas como estruturas, concretas ou abstratas, destinadas a representar determinados aspectos de uma realidade, seja um fato, objeto ou fenômeno.

Embora ainda não haja um consenso definitivo sobre o que exatamente se entende por “modelo” no campo científico, algumas definições oferecem contribuições para a compreensão desse conceito. Entre elas, destacam-se as propostas de Giere (1999) e de Braga e Toledo (2013), que, apesar de partirem de

contextos diferentes, apresentam aproximações significativas. No caso de Giere (1999), os modelos são concebidos como construções teóricas intencionalmente idealizadas, elaboradas para representar certos aspectos do mundo sem pretensão de correspondência total. Como afirma o autor: “Os cientistas constroem modelos baseados em teorias que fornecem representações idealizadas do mundo, mas esses modelos nunca são idênticos à realidade” (Giere, 1999, p. 52, tradução nossa).

O autor argumenta que o papel dos modelos científicos não está necessariamente ligado à revelação de uma verdade absoluta. Em vez disso, sugere uma função mais pragmática e flexível para as teorias: elas não têm como objetivo representar o mundo de forma direta ou exata, mas oferecer uma base a partir da qual os modelos possam ser elaborados e utilizados em contextos específicos. Como afirma o próprio Giere (1999,p.48), “a verdadeira função de uma teoria científica não é representar o mundo diretamente, mas fornecer um recurso a partir do qual os modelos científicos podem ser construídos” (tradução nossa).

De modo semelhante, Machado e Braga (2020) afirmam que a função central dos modelos científicos consiste em servir como instrumentos que estabelecem a ligação entre as teorias e a realidade à qual elas se aplicam. A partir dessas definições, torna-se evidente a relevância dos modelos tanto no desenvolvimento científico quanto no contexto educacional. Afinal, a construção de modelos não visa representar uma verdade absoluta sobre o mundo, mas sim oferecer aproximações que conectem teoria, empiria e idealização (Bunge, 1973). Mesmo de forma implícita, o objetivo sempre foi chegar o mais próximo possível da realidade observável, uma relação diádica entre o real e o ideal (Silva, 2019).

Nesse sentido, Bunge (1973) argumenta que os modelos científicos são instrumentos fundamentais para a compreensão conceitual da realidade. Sua perspectiva sobre modelagem científica oferece contribuições valiosas ao ensino e aprendizagem de ciências, especialmente ao evidenciar que conceitos, modelos e teorias são sempre aproximações, possuem limitações e apresentam caráter idealizado.

Para Bunge (1973), essa compreensão é fundamental para a educação científica. Não é incomum que estudantes estranhem a distância entre o mundo descrito nas aulas, com massas pontuais e superfícies perfeitamente lisas, e a realidade do cotidiano. Aqui, o conceito de objeto-modelo, pode ser particularmente

útil para mostrar que os modelos não são réplicas do mundo real, mas representações construídas para facilitar a explicação, a previsão e o desenvolvimento do conhecimento científico (Bunge, 1973).

Diante dessa natureza abstrata e idealizada dos modelos, evidencia-se um desafio pedagógico que envolve ensinar essas representações de forma significativa, favorecendo a compreensão conceitual e evitando a mera memorização mecânica. Essa preocupação torna-se ainda mais relevante quando considerada à luz das orientações oficiais que norteiam a educação brasileira. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), por exemplo, enfatiza a necessidade de desenvolver competências e habilidades relacionadas ao pensamento científico, crítico e criativo (Brasil, 2018), o que implica a adoção de práticas de ensino que promovam a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Nesse sentido, o ensino de modelos atômicos deve ir além da simples memorização de fórmulas, representações e nomes, incorporando metodologias que estimulem a construção ativa do conhecimento pelos estudantes, como o uso de analogias, atividades experimentais, recursos digitais e discussões interdisciplinares.

Contudo, observa-se que ainda há uma lacuna entre os pressupostos teóricos das diretrizes educacionais e as práticas efetivamente adotadas em sala de aula. Muitos professores relatam dificuldades em ensinar conceitos abstratos como os modelos atômicos, devido à escassez de materiais didáticos apropriados, à limitada formação continuada e à ausência de propostas metodológicas que facilitem a mediação do conhecimento (Melo e Lima Neto, 2013).

Além desses fatores, pesquisas evidenciam que grande parte das dificuldades no ensino de modelos atômicos decorre de uma compreensão limitada, tanto por professores quanto por estudantes, sobre o próprio significado de “modelo” na ciência. Melo e Lima Neto (2013) mostram que muitos alunos concebem o átomo como uma entidade real, sólida e palpável, aproximando-se de representações figurativas do senso comum, como “bolinhas”, sem reconhecer seu caráter abstrato e construtivo. De acordo com os autores, essa visão é reforçada por abordagens didáticas tradicionais e pelo uso inadequado de analogias, que frequentemente levam os estudantes a interpretar os modelos como cópias fiéis da realidade. Além disso, os livros didáticos tendem a apresentar os modelos atômicos de forma fragmentada e cronológica, sem problematizar seus limites, o que

contribui para a ideia equivocada de que um modelo substitui totalmente o anterior e de que existe um “modelo correto” a ser memorizado (Melo e Lima Neto, 2013). Tais desafios reforçam a importância de analisar como os modelos atômicos têm sido discutidos e operacionalizados nas pesquisas em ensino de Física.

Dessa forma, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresenta uma revisão bibliográfica que contempla publicações em periódicos científicos, dissertações e teses voltados para o ensino. A proposta central é analisar como os modelos atômicos têm sido apresentados, discutidos e utilizados no contexto educacional, com especial atenção ao grau de pragmatismo presente nas abordagens didáticas identificadas. Essa análise permitirá não apenas observar como os modelos atômicos são trabalhados em diferentes contextos pedagógicos, mas também compreender de que maneira professores e pesquisadores da área têm lidado com o desafio de ensinar conceitos abstratos por meio dessas representações.

Nesse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso toma como eixo orientador a seguinte questão de pesquisa: *Quais propostas didáticas para o ensino de modelos atômicos na Educação Básica têm sido apresentadas na literatura científica brasileira?* A formulação dessa questão decorre das lacunas identificadas no campo do ensino de ciências, especialmente no que se refere à compreensão, ao uso e à operacionalização dos modelos atômicos em práticas pedagógicas.

Para respondê-la, o estudo estabelece como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão da literatura, as propostas didáticas voltadas ao ensino de modelos atômicos na Educação Básica. Complementarmente, busca mapear e selecionar publicações científicas produzidas entre 2005 e 2025 que apresentem tais propostas e classificá-las de acordo com os recursos e metodologias empregados. Dessa forma, o trabalho pretende oferecer uma síntese sistematizada que contribua para a compreensão de como os modelos atômicos têm sido discutidos e mobilizados no campo do ensino em ciências.

Nesse contexto, justifica-se a realização desta revisão bibliográfica, cujo propósito central é analisar as propostas didáticas voltadas ao ensino de modelos atômicos na Educação Básica, em consonância com o objetivo geral desta pesquisa. Ao identificar e selecionar publicações produzidas entre 2005 e 2025, bem como ao classificá-las segundo os recursos e metodologias empregadas, conforme estabelecido nos objetivos específicos, busca-se compreender de que

maneira esses modelos têm sido abordados e operacionalizados no âmbito educacional.

Esperamos que os resultados obtidos ofereçam subsídios para professores e pesquisadores, ao evidenciar tendências, potencialidades e limitações presentes nas diferentes propostas analisadas. Assim, esta investigação não apenas sistematiza o estado atual do conhecimento sobre o tema, mas também contribui para o aprimoramento de práticas pedagógicas mais fundamentadas, coerentes e alinhadas às demandas contemporâneas do ensino de ciências.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, conduzida por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A organização metodológica desta investigação segue etapas estruturadas e alinhadas às boas práticas de revisões sistemáticas. Para orientar a formulação da questão de pesquisa, empregou-se a estratégia PICO, a qual, embora tenha sido originalmente concebida para estudos na área da saúde, mostra-se aplicável a diferentes domínios do conhecimento por favorecer a elaboração de perguntas mais objetivas, precisas e operacionalizáveis (Santos, Pimenta & Nobre, 2007). No Quadro 1, apresenta-se a descrição dos elementos que compõem essa estratégia.

Quadro 1 – Descrição da Estratégia PICO

Sigla	Definição	Descrição
P	População	Estudantes da educação básica (ensino fundamental e médio)
I	Intervenção	Metodologias, estratégias didáticas e recursos de ensino sobre modelos atômicos.
C	Comparação	Diferentes práticas de ensino ou ausência de intervenção específica.
O	Outcomes/desfecho	Aprendizagem conceitual, mudança de concepções alternativas, compreensão dos modelos atômicos.

Fonte: Autor (2025)

Diante disso, a pergunta de investigação que norteou esta revisão foi: *Quais propostas didáticas para o ensino de modelos atômicos na educação básica têm sido apresentadas na literatura científica brasileira?*

Para responder a essa questão, adotou-se como procedimento metodológico a Revisão Sistemática de Literatura (RSL), considerada adequada para este tipo de estudo. Segundo Sampaio e Mancini (2007), a revisão sistemática reúne e sintetiza evidências por meio de estratégias rigorosas e previamente definidas, permitindo uma análise crítica e organizada das informações obtidas.

A condução desta revisão foi orientada pelas diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), conforme proposto por Moher et al. (2009). A escolha desse protocolo se justifica por oferecer um modelo claro, padronizado e confiável para a seleção e avaliação dos estudos, garantindo transparência em todas as etapas do processo metodológico.

É importante destacar que a revisão sistemática e o protocolo PRISMA atuam de forma complementar: a consistência e o rigor do processo só são assegurados quando todas as etapas de triagem e elegibilidade previstas pelo PRISMA são integralmente cumpridas, o que determina, inclusive, o número final de estudos incluídos na revisão.

2.1 SELEÇÃO DOS TRABALHOS

Para a seleção dos trabalhos, foram utilizadas quatro bases de dados: Periódicos CAPES (acessado via CAFé, garantindo maior amplitude de resultados), o Catálogo de Teses e Dissertações e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), utilizando suas respectivas ferramentas de busca.

Com o objetivo de tornar a busca mais precisa e sistemática, foram empregados os operadores booleanos AND e OR, que possibilitam combinar termos e refinar os resultados. Assim, o conjunto de descritores utilizados foi: (“modelos atômicos”) AND (“educação básica” OR “ensino fundamental” OR “ensino médio”), permitindo que as bases de dados operassem de forma articulada e coerente na recuperação dos estudos pertinentes ao tema investigado. O Quadro 2 apresenta o número de trabalhos encontrados nessa etapa inicial de busca.

Quadro 2 – Quantidade Total de Trabalhos na etapa inicial

Base de Dados	Estratégia de Busca (em português)	Quantidade
Periódicos CAPES	(“modelos atômicos”) AND (“educação básica” OR “ensino fundamental” OR “ensino médio”)	58
Catálogo de Teses e Dissertações	(“modelos atômicos”) AND (“educação básica” OR “ensino fundamental” OR “ensino médio”)	47
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações	(“modelos atômicos”) AND (“educação básica” OR “ensino fundamental” OR “ensino médio”)	85
Total de Artigos:		190

Fonte: Autor (2025)

Após a etapa inicial de busca, em que foram definidos os critérios de pesquisa, procedeu-se ao refinamento dos resultados por meio da edição dos parâmetros disponibilizados pelas próprias plataformas.

Na plataforma Periódicos Capes, delimitou-se o período de 2005 a 2025,

selecionando apenas artigos revisados por pares e escritos em português. Nas plataformas do Catálogo de Teses e Dissertações e da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, também se estabeleceu o período de 2005 a 2025 como critério de filtragem. Após esse refinamento, apresentamos no Quadro 3 o número de trabalhos selecionados.

Quadro 3 – Número de Trabalhos após adicionado os critérios de inclusão e exclusão

Base de Dados	Estratégia de Busca (em português)	Quantidade	Quantidade após os critérios
Periódicos CAPES	(“modelos atômicos”) AND (“educação básica” OR “ensino fundamental” OR “ensino médio”)	58	24
Catálogo de Teses e Dissertações	(“modelos atômicos”) AND (“educação básica” OR “ensino fundamental” OR “ensino médio”)	47	22
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações	(“modelos atômicos”) AND (“educação básica” OR “ensino fundamental” OR “ensino médio”)	85	85
Total de Artigos:		190	132

Fonte: Autor (2025).

As 132 produções identificadas foram inicialmente organizadas em uma tabela contendo o título do trabalho e o nome dos autores para cada base consultada, constituindo assim a nossa base de registros totais antes das etapas de triagem. Em seguida, elaboramos uma tabela complementar com informações relevantes que auxiliariam na classificação e posterior seleção dos estudos.

Com todos os dados reunidos, procedeu-se à triagem dos trabalhos conforme as etapas definidas pelo protocolo PRISMA, que orienta o processo de seleção em revisões sistemáticas. As etapas adotadas foram as seguintes:

- I. Remover os registros antes da triagem, apenas considerando os critérios de inclusão e exclusão.
- II. Somar esses registros com os trabalhos duplicados encontrados nas mesmas bases de dados.
- III. Realizar a leitura do título, resumo e palavras-chaves e remover aqueles que estão fora do escopo da pesquisa, ou seja, não

respondem à pergunta inicial do trabalho. Deixando apenas aqueles que tratam especificamente do tema abordado

- IV. Fazer a leitura do texto completo, buscando os textos nas suas respectivas bases de dados, a fim de excluir aqueles que não se pode acessar os documentos.
- V. Fazer novamente a leitura do texto completo, porém contemplando a razão de uma eventual exclusão.

Dos 190 estudos inicialmente identificados, o número foi reduzido para 132 após a aplicação dos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Na sequência, com a remoção de duplicatas, obtiveram-se 119 documentos aptos para a etapa de triagem.

A aplicação dos cinco passos previstos no processo de triagem resultou na exclusão de 69 estudos por não atenderem à questão central da pesquisa. Desse modo, permaneceram 50 trabalhos, dos quais quatro não tiveram o texto completo disponível para análise. Assim, totalizaram-se 46 publicações elegíveis, conforme apresentado no Quadro 4.

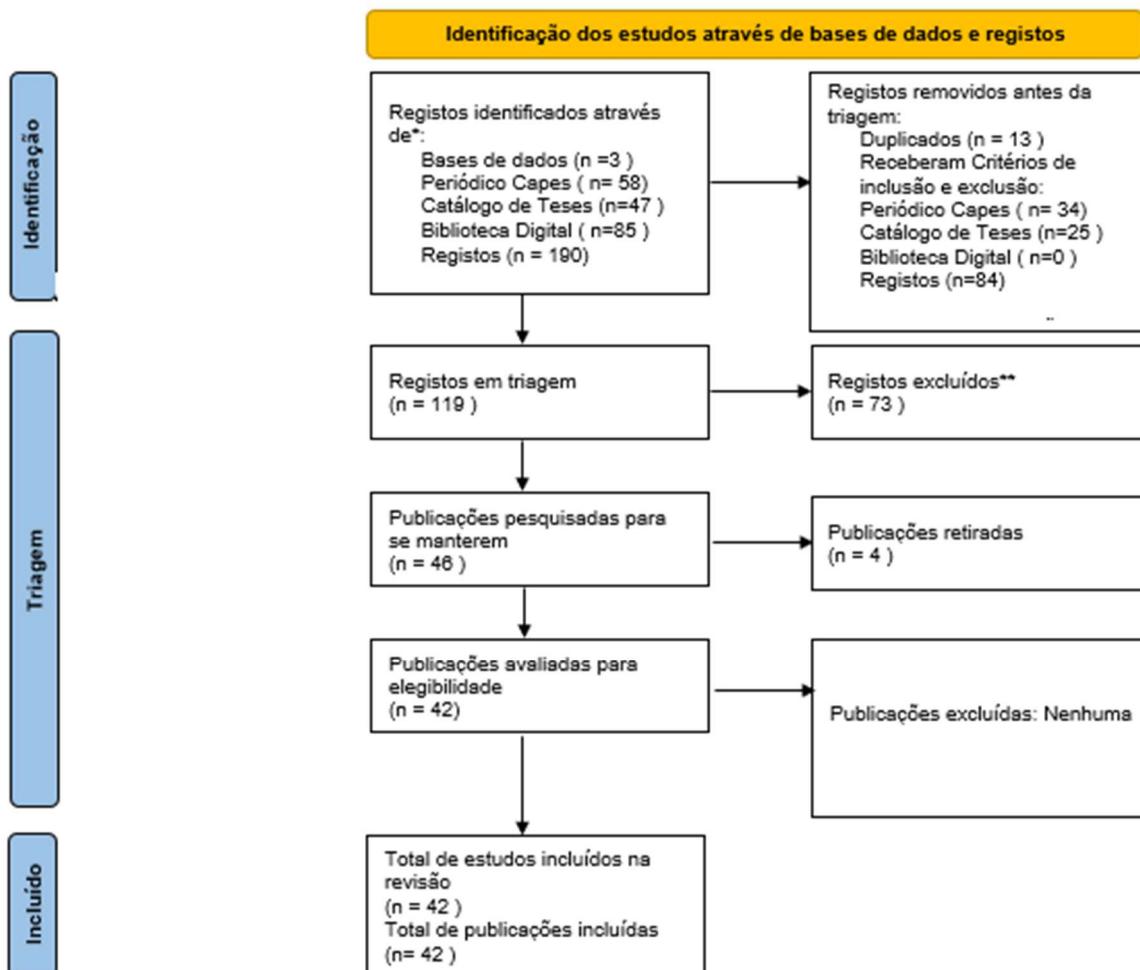
Quadro 4 – Resultado da Triagem Completa

Informações Pós Triagem				
Registros em Triagem	Registros Excluídos	Publicações para se manterem	Publicações Retiradas	Publ. Elegíveis
119	73	46	4	42

Fonte: Autor (2025)

Dessa forma, foi elaborado o fluxograma PRISMA (Figura 7), preenchido com todas as informações necessárias para identificar os estudos selecionados que compõem a base de análise destinada a responder à questão central desta pesquisa.

Figura 1 - Fluxograma do Processo de Seleção dos Estudos segundo o Protocolo PRISMA



Fonte: Autor (2025)

Com base no protocolo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, foi possível organizar todo o percurso metodológico empregado na seleção das publicações. O fluxograma apresentado demonstra, de forma transparente, cada etapa do processo, desde a identificação inicial dos registros até a inclusão final dos estudos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, bem como a remoção de duplicidades, chegaram-se aos 42 estudos que compõem o corpus final da revisão.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a seleção dos trabalhos, procedeu-se à leitura integral de cada estudo para dar continuidade à análise e à categorização dos dados. Inicialmente, utilizamos as categorias propostas por Ostermann e Moreira (2000), contudo, essas categorias foram adaptadas ao contexto específico do ensino de modelos atômicos. Dessa adaptação, resultaram as seguintes categorias de análise:

- Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos.
- Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem.
- Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos.
- Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos.

Considerando que os estudos analisados apresentam diferentes metodologias, tanto de ensino quanto de pesquisa, e utilizam variadas ferramentas, como, por exemplo, sequências didáticas estruturadas a partir de UEPS, tornou-se necessário criar uma subcategoria específica. Essa organização permite agrupar, de maneira sistemática, os trabalhos que utilizam ferramentas pedagógicas semelhantes, favorecendo a análise comparativa e a identificação de tendências metodológicas na literatura. As subcategorias definidas foram as seguintes:

- TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação): Incluem o uso de celulares, computadores e ferramentas digitais, como o Google Drive.
- Atividades Lúdicas: Compreendem propostas que utilizaram teatro, jogos didáticos, representações mentais, modelos, histórias em quadrinhos, desenhos, infográficos, quebra-cabeças e elementos de gamificação.
- História da Ciência: Abrange atividades que empregaram conteúdos históricos e epistemológicos, como produção de textos e resolução de questões fundamentadas nesses aspectos.
- Analogias: Estudos que aplicaram o uso de Analogias no desenvolver de suas propostas.

- Produção de Atividades Escritas: Propostas que aplicaram aulas somente usando caneta e caderno.
- Recursos Computacionais: Engloba o uso de computadores, notebooks, Internet, Sites, Plataformas de Ensino e Simuladores.

Considerando as categorias estabelecidas, observamos que muitos dos estudos analisados apresentam características que possibilitam sua inserção em mais de uma delas. Contudo, para garantir organização e coerência na apresentação dos resultados, optamos por classificá-los de acordo com a categoria que melhor se alinha aos objetivos centrais de cada trabalho. É importante destacar que essa forma de categorização não esgota outras possibilidades de interpretação, representando apenas uma entre várias leituras possíveis. No quadro 5, apresentamos os 42 trabalhos selecionados, destacando-se o tipo de estudo, o título e seus respectivos autores.

Quadro 5 – Classificação dos Estudos de acordo com suas categorias.

Título do artigo	Autores	Categoria de classificação
Relatos de uma aula de Química sobre modelos atômicos no programa de Ensino Médio mediado por tecnologia	Graça & Monteiro (2015)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
O uso de sequências didáticas no ensino de Química: proposta para o estudo de modelos atômicos	Leite & Rodrigues (2020)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Modelos atômicos no ensino médio: uma unidade de ensino potencialmente significativa com ênfase em uma descrição epistemológica	Macedo, Pantoja & Moreira (2020)	Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos
Ensino de Física Moderna no Ensino Médio: uma proposta didática para o estudo da evolução do modelo atômico	Silva et al. (2022)	Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos
Problematizando o ensino de modelos atômicos: um estudo das representações e o uso de um jogo didático	Camargo et al. (2018)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Uma experiência didática através da ferramenta Stop Motion para o ensino de modelos atômicos	Corrêa et al. (2020)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Análise de analogias para o ensino de modelos atômicos presentes nos livros didáticos do PNLD 2020	Teixeira & Santos (2021)	Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos

Situações-problema como Estratégia Didática para o Ensino dos Modelos Atômicos	Prates Júnior & Simões Neto (2015)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
O pensamento científico construído por meio de desenhos e percepções no ensino dos modelos atômicos	Oliveira, Goya & Freitas (2015)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
A construção de histórias em quadrinhos na evolução dos modelos atômicos: uma proposta de aprendizagem significativa	Silva, Josineide Alves da (2020)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
O uso de jogos digitais como estratégia motivadora no ensino de Química na Educação Básica	Souza, Bianca P. da S. (2022)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Modelo atômico quântico: uma alternativa para a introdução no ensino médio	Aquino Junior, Jairo Luiz M. (2013)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Modelagem atômica: o elo entre experimentação e simulações virtuais no ensino de Química	Veltrone, Leonardo Alexandre (2019)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Desenvolvimento de modelos mentais de átomos em estudantes do Ensino Médio	Chagas, Débora Hespanhol (2015)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Visualização interpretativa dos estudantes de ensino médio na aprendizagem de modelos atômicos	Cardoso, Helen Clemes (2024)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
História da ciência no estudo de modelos atômicos em livros didáticos de química	Chaves, Lígia M. M. P. (2011)	Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos
Scratch como recurso pedagógico facilitador na compreensão de modelos atômicos	Sousa, João Batista Félix de (2019)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Evolução dos modelos atômicos: uma proposta epistemológica na elaboração de modelos teóricos para explicar a estrutura da matéria	Macedo, Mariel dos Santos (2018)	Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos
Discutindo a natureza da ciência no ensino médio: um caminho a partir do desenvolvimento dos modelos atômicos	Moura, Cristiano Barbosa de (2014)	Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos
O Ensino de Modelos Atômicos por Meio de Metodologias Ativas	Dutra, Arlene Alves (2019)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Infográficos utilizados para explicar as teorias dos modelos atômicos em livros de Química e Ciências da Natureza aprovados para os PNLD 2018 e 2021	Batista, Tamires Sousa (2022)	Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos
A Divulgação Científica no contexto escolar: o ensino de modelos atômicos a partir da temática de agrotóxicos e as implicações/possibilidades para a formação de alunos do Ensino Médio	Arenghi, Luis Eduardo Birello (2014)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem

Um quebra-cabeça possível? Método cooperativo e os três níveis do conhecimento químico na abordagem do tema estrutura atômica	Passos, Tiago Silva (2022)	Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos
A implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica sobre modelos atômicos no Ensino Médio: desafios e potencialidades do ensino fundamentado em modelagem	Sá Aravechia de Assis, Carlos Rodrigo (2020)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
A física moderna no Ensino Médio a partir dos modelos atômicos	Santos, Jurandi Leão (2016)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Gamificação: uma proposta de abordagem de modelos atômicos para estudantes do ensino médio	Fiziotto, Ricardo B. S. (2019)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
A abordagem de modelos atômicos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental pelo uso de modelos e modelagem numa perspectiva histórica	Andrade, Jéssika Silva de (2015)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
A abordagem de resolução de problemas articulada ao Role Playing Game (RPG): um estudo dos modelos atômicos no ensino médio	Medeiros, Gabriela R. S. (2024)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Tópicos de física moderna e contemporânea no Ensino Médio: Uma abordagem histórica e conceitual dos modelos atômicos	Melo, José Fernando de (2014)	Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos
O conteúdo formal na representação imagética dos modelos atômicos	Neto, Odone Gino Zago (2018)	Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos
Teoria Quântica: Relevância no Ensino Médio e Proposta de um Site Educacional como Suporte aos Professores	Duarte, Natália Mutti Peixoto (2024)	Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos
Um diálogo entre a história da química e livros didáticos, numa perspectiva bachelardiana: o caso dos modelos atômicos	Silva, Anthéogenes Menezes da (2010)	Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos
Utilização do simulador PhET como estratégia para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de modelos atômicos	Santos, Wescle Johnson M. (2022)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Análise da aplicação de unidade didática para o ensino de atomística sob a perspectiva do desenho universal para a aprendizagem (DUA)	Souza, Mariana L. C. (2023)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
O ensino de Física Contemporânea: compreendendo a estrutura do átomo	Arraes, Cacia Simone (2019)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Modelos atômicos no livro didático de química: estudo das representações ilustrativas pelo viés do discurso científico-social	Silva, Manuela C. M. (2020)	Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos

Gamificação e aprendizagem: uma proposta para professores de ciência/química dos anos finais do ensino fundamental	Virgolino, Mayara de Brito (2024)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
Inclusão do estudante com deficiência visual no universo do conhecimento químico: uma proposta para a promoção da educação científica no Ensino Fundamental	Martins, Fabiane Silva (2021)	Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos
Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa aplicando as ciências forenses ao ensino de física moderna para o ensino médio	Loyola, Renan Costa (2022)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas	Lopes, Rodrigo Oliveira (2017)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem
A utilização do perfil conceitual de átomo na educação de jovens e adultos	Coelho Júnior, Marcos Antonio (2024)	Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos
O átomo em foco: entendendo sua teoria a partir de uma situação de ensino	Bezerra, Andrea do Amaral C. (2017)	Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem

Fonte: Autor (2025).

A partir da seleção final dos trabalhos, procedeu-se à análise qualitativa dos estudos com base nas categorias previamente definidas.

3.1 ANÁLISE POR CATEGORIAS

A definição das categorias de análise fundamenta-se na proposta de Ostermann e Moreira (2000), que defendem a possibilidade de organizar os dados de forma qualitativa, permitindo uma maior compreensão dos resultados obtidos

A primeira categoria, *Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos*, reúne estudos que discutem a evolução conceitual dos modelos, suas rupturas e os fundamentos teóricos que orientam a construção do conhecimento científico. Esses trabalhos exploram o desenvolvimento histórico dos modelos atômicos e enfatizam a importância da contextualização para compreender tanto os limites quanto os avanços associados a cada proposta científica.

A segunda categoria, *Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem*, contempla os trabalhos que descrevem intervenções didáticas realizadas em contextos escolares. Essas propostas

envolvem atividades práticas, uso de tecnologias digitais, construção de modelos físicos e outras estratégias voltadas à promoção da aprendizagem dos estudantes. Embora alguns estudos apresentem avaliações formais, também foram considerados aqueles que relatam a aplicação sem análises quantitativas detalhadas.

A terceira categoria, *Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos*, engloba produções que apresentam materiais, sequências didáticas ou recursos pedagógicos, mas que ainda não foram aplicados em sala de aula. Em muitos casos, os autores recorrem a entrevistas ou avaliações com professores para validar ou aprimorar o produto desenvolvido.

Por fim, a quarta categoria, *Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos de modelos atômicos*, reúne pesquisas voltadas para a avaliação dos materiais utilizados na Educação Básica. Os estudos examinam a forma como os modelos atômicos são apresentados, a organização dos conteúdos, a linguagem empregada e o grau de contextualização histórica e epistemológica oferecido aos estudantes.

3.1.1 Questões epistemológicas e históricas relacionadas ao ensino de modelos atômicos

Nesta categoria, foram reunidos cinco estudos que abordam o ensino dos modelos atômicos sob diferentes perspectivas epistemológicas, históricas e didáticas. Em comum, os trabalhos reconhecem que os modelos científicos não devem ser apresentados como verdades absolutas, mas como construções teóricas provisórias, elaboradas em contextos históricos específicos e sujeitos a revisões. Apesar dessa convergência, cada estudo traz contribuições próprias, que se complementam e, em alguns casos, se contrapõem, oferecendo um panorama sobre os desafios e possibilidades de se trabalhar os modelos atômicos no ensino médio. Além disso, observa-se que os estudos desta categoria dialogam diretamente com duas das subcategorias identificadas na análise geral: Atividades Lúdicas e História da Ciência.

3.1.1.1 Atividades Lúdicas

Nesta subcategoria, abordamos propostas que utilizam recursos lúdicos como estratégia didática para o ensino de modelos atômicos, articulando aspectos epistemológicos e históricos com práticas pedagógicas voltadas à educação básica.

A pesquisa de Neto (2018) propõe uma abordagem que busca explorar o conteúdo formal presente nas representações visuais dos modelos atômicos. A pesquisa enfatiza o papel das imagens como mediadoras do conhecimento científico, destacando sua capacidade de sintetizar conceitos complexos e de favorecer a compreensão dos modelos teóricos por meio de elementos visuais estruturados. A proposta didática apresentada pelo autor envolve a utilização de representações imagéticas como ferramenta lúdica, permitindo aos estudantes interagir com os modelos de forma mais concreta e acessível. A análise conduzida pelo autor revela que o uso de imagens não se limita à ilustração, mas constitui uma linguagem própria, dotada de formalidade e intencionalidade epistemológica. Ao reconhecer esse potencial, o autor defende que a exploração das representações visuais pode contribuir significativamente para o ensino de modelos atômicos, especialmente ao considerar os desafios de abstração enfrentados pelos alunos da educação básica. A proposta se alinha a uma perspectiva que valoriza a História da Ciência como pano de fundo para a construção dos modelos, permitindo que os estudantes compreendam não apenas os conceitos, mas também os contextos históricos e filosóficos que os originaram.

Conclui-se, portanto, que o trabalho de Neto (2018) oferece uma contribuição ao destacar o papel das representações visuais como recurso lúdico e epistemológico no ensino de modelos atômicos, ampliando as possibilidades didáticas e favorecendo uma abordagem mais significativa e acessível aos estudantes.

3.1.1.2 História da Ciência

Nesta subcategoria, reunimos estudos que incorporam a História da Ciência como eixo estruturante para o ensino de modelos atômicos na educação básica.

Macedo (2018) apresenta uma proposta epistemológica voltada à elaboração de modelos teóricos, enfatizando a evolução dos modelos atômicos como ferramenta para explicar a estrutura da matéria. A dissertação articula três

pilares teóricos: a Aprendizagem Significativa de David Ausubel, as contribuições de Marco Moreira para organização de UEPS e a visão epistemológica da ciência de Thomas Kuhn. O trabalho utiliza a História da Ciência como eixo estruturante para discutir a evolução dos modelos atômicos, enfatizando que o conhecimento científico é uma construção humana, marcada por rupturas, controvérsias e mudanças paradigmáticas. O trabalho destaca a importância de compreender os modelos como construções históricas, permitindo aos estudantes perceberem a ciência como processo dinâmico e não como conjunto de verdades absolutas.

Macedo, Pantoja e Moreira (2020), por sua vez, apresentam a aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) voltada ao ensino dos modelos atômicos no Ensino Médio, estruturada a partir de uma descrição histórico-epistemológica do desenvolvimento do conceito de átomo. A proposta articula referenciais de Ausubel e da epistemologia de Thomas Kuhn para promover uma aprendizagem que integra dimensões conceituais, históricas e tecnocientíficas. Os resultados, obtidos por meio da comparação entre atividades diagnósticas e finais, indicam avanços qualitativos e quantitativos na compreensão dos estudantes sobre os modelos atômicos, bem como uma ampliação na capacidade de relacionar a construção científica a seus contextos históricos e às aplicações tecnológicas. O trabalho evidencia que o uso da História da Ciência, associado a metodologias ativas como a UEPS, favorece a aprendizagem significativa e contribui para uma visão mais ampla, crítica e contextualizada da Ciência no ensino de modelos atômicos.

Melo (2014) adota uma abordagem histórica e conceitual, integrando tópicos de física moderna e contemporânea ao ensino médio. O estudo propõe uma sequência didática que percorre os principais modelos atômicos, contextualizando-os historicamente e destacando os avanços científicos que os motivaram. A proposta evidencia o papel da História da Ciência na construção de significados e na valorização da natureza provisória do conhecimento científico.

Moura (2014) foca na discussão da natureza da ciência a partir do desenvolvimento dos modelos atômicos. O autor propõe atividades que estimulam a reflexão sobre os aspectos epistemológicos envolvidos na formulação dos modelos, destacando a importância de compreender os limites, as revisões e os contextos que permeiam a produção científica.

Embora todos os trabalhos compartilhem o objetivo de integrar a História da Ciência ao ensino de modelos atômicos, observam-se diferenças quanto ao enfoque adotado. Macedo (2018) e Melo (2014) priorizam a evolução conceitual dos modelos, enquanto Macedo, Pantoja e Moreira (2020) e Moura (2014) enfatizam a dimensão epistemológica e a natureza da ciência. Em comum, as propostas reconhecem que o ensino dos modelos atômicos ganha profundidade quando situado em seu contexto histórico, favorecendo uma aprendizagem mais crítica e significativa.

Em síntese, os cinco estudos analisados convergem na defesa da inserção de elementos epistemológicos e históricos no ensino dos modelos atômicos, reconhecendo que tais abordagens favorecem a compreensão crítica dentro da sala de aula. As propostas se aproximam ao valorizar a evolução conceitual dos modelos, a problematização dos conteúdos e a articulação com os conhecimentos prévios dos estudantes. Contudo, há diferenças significativas nos enfoques: alguns trabalhos privilegiam a construção do conhecimento (Macedo, 2018), outros problematizam as representações visuais e os obstáculos epistemológicos como no trabalho de Neto, (2018). Apesar dessas variações, os estudos convergem na crítica à linearidade e à descontextualização dos conteúdos, defendendo práticas pedagógicas mais reflexivas e alinhadas aos princípios da educação científica.

3.1.2 Análises de livros didáticos do ensino médio que abordam conteúdos referentes aos modelos atômicos

Nesta categoria, foram reunidos os estudos que analisam como os livros didáticos do ensino médio apresentam conteúdos relacionados aos modelos atômicos. Considerando que esses materiais constituem a principal fonte de acesso dos estudantes às representações científicas, torna-se essencial compreender de que forma eles abordam analogias, imagens, narrativas históricas e explicações conceituais.

3.1.2.1 Atividades Lúdicas

O trabalho de Batista (2022) analisa o uso de infográficos em livros de Química e Ciências da Natureza aprovados pelo PNLD 2018 e 2021. Os

infográficos são apresentados como recursos visuais que sintetizam informações complexas, facilitando a compreensão dos modelos atômicos por meio de imagens organizadas e sequenciais. Embora não sejam atividades lúdicas no sentido tradicional, os infográficos funcionam como ferramentas interativas que estimulam o raciocínio visual e a associação de ideias, aproximando-se de práticas lúdicas.

Silva (2020), por sua vez, investiga as representações ilustrativas dos modelos atômicos nos livros didáticos, analisando-as sob o viés do discurso científico-social. A autora destaca que muitas dessas imagens são utilizadas de forma descontextualizada, sem explorar seu potencial pedagógico. No entanto, aponta que, quando bem integradas a atividades didáticas, como simulações, vídeos explicativos ou experimentações guiadas, essas representações podem favorecer uma aprendizagem mais significativa e crítica. Ambos os trabalhos evidenciam que os livros didáticos têm incorporado elementos visuais e lúdicos, mas ainda enfrentam desafios quanto à articulação desses recursos com ferramentas de ensino mais amplas. A ausência de propostas que integrem simuladores, vídeos ou experimentações de forma sistemática limita o potencial dessas atividades, restringindo-as ao plano ilustrativo.

3.1.2.2 Analogias

Nesta subcategoria, examinamos como os livros didáticos aprovados pelo PNLD 2020 utilizam analogias como recurso didático para o ensino de modelos atômicos. As analogias desempenham papel fundamental na mediação entre conceitos abstratos e experiências concretas, permitindo que os estudantes estabeleçam relações cognitivas entre o mundo microscópico e situações familiares.

Teixeira & Santos (2021) realizaram uma análise sistemática das analogias presentes nos livros didáticos, identificando padrões recorrentes e avaliando sua eficácia pedagógica. Os autores destacam que analogias como “o átomo como sistema solar” ou “camadas eletrônicas como arquibancadas” são amplamente utilizadas, por facilitarem a visualização das estruturas atômicas e promoverem maior engajamento dos estudantes. No entanto, o estudo também aponta limitações, como o uso excessivo de analogias simplificadas que podem induzir a interpretações equivocadas, especialmente quando não são acompanhadas de explicações que delimitem seus limites conceituais.

Além disso, os autores ressaltam que a eficácia das analogias pode ser ampliada quando integradas a ferramentas de ensino como vídeos animados, simuladores interativos e experimentações orientadas. Simuladores, por exemplo, permitem que os alunos manipulem modelos atômicos e observem comportamentos que reforçam a analogia proposta. Vídeos explicativos ajudam a contextualizar historicamente os modelos, enquanto experimentações, mesmo que indiretas, aproximam os estudantes da prática científica, favorecendo uma compreensão mais crítica e reflexiva.

3.1.2.3 História da Ciência

Nesta subcategoria, analisamos como os livros didáticos abordam os modelos atômicos a partir da perspectiva histórica, evidenciando o papel da História da Ciência na construção dos conceitos e na formação de uma visão crítica sobre o conhecimento científico. Os trabalhos selecionados destacam a importância de contextualizar os modelos dentro de seus marcos históricos, filosóficos e sociais, promovendo uma compreensão mais ampla e significativa por parte dos estudantes.

Chaves (2011) realiza uma análise da presença da História da Ciência nos livros didáticos de Química, com foco específico nos modelos atômicos. A autora observa que, embora os livros apresentem uma sequência cronológica dos modelos, de Dalton a Schrödinger, essa abordagem muitas vezes se limita à descrição linear dos avanços, sem explorar os conflitos, rupturas e debates que marcaram o desenvolvimento da teoria atômica. A autora defende que a inserção de narrativas históricas mais densas, aliadas a recursos como vídeos documentais e simuladores interativos, pode ampliar a compreensão dos estudantes sobre a natureza dinâmica da ciência.

Silva (2010), por sua vez, propõe uma leitura bachelardiana dos livros didáticos, examinando como a história da química é representada no ensino dos modelos atômicos. O autor destaca que os livros tendem a apresentar os modelos como verdades consolidadas, negligenciando os obstáculos epistemológicos e os saltos conceituais que caracterizam a evolução científica. A partir dessa crítica, Silva (2010) sugere que o uso de ferramentas como vídeos explicativos, experimentações simbólicas e ambientes digitais pode favorecer uma abordagem mais reflexiva, permitindo que os estudantes compreendam os modelos como

construções provisórias e contextuais. Em síntese, os estudos convergem na crítica à forma como os livros didáticos apresentam os modelos atômicos, apontando que recursos como analogias, narrativas históricas, infográficos e ilustrações, quando utilizados sem problematização, tendem a reforçar concepções fragmentadas, descontextualizadas e, por vezes, conceitualmente equivocadas.

Ao mesmo tempo, reconhecem que tais recursos podem ser poderosos instrumentos de aprendizagem, desde que acompanhados de estratégias pedagógicas que explicitem seus limites epistemológicos e promovam a reflexão crítica. As análises revelam que os livros didáticos ainda carecem de abordagens que valorizem a dimensão histórica e epistemológica dos modelos, mas apontam caminhos para que esses materiais possam contribuir de forma mais significativa para a compreensão da natureza da ciência e dos processos de construção do conhecimento.

3.1.3 Propostas aplicadas em sala de aula, acompanhadas de resultados de aprendizagem

Nesta seção, são agrupados os estudos que, além de proporem abordagens didáticas para o ensino dos modelos atômicos, implementam essas propostas em contextos reais de sala de aula e analisam os efeitos produzidos. Essa característica torna os trabalhos especialmente significativos, pois possibilita observar, de maneira direta, como as estratégias de ensino influenciam a aprendizagem dos alunos. As pesquisas discutidas revelam tanto avanços quanto limitações, oferecendo elementos importantes para repensar práticas pedagógicas mais efetivas e alinhadas às necessidades do contexto escolar.

3.1.3.1 Atividades Lúdicas

Camargo et al. (2018) propuseram um jogo didático voltado à problematização das representações dos modelos atômicos, permitindo aos estudantes explorar diferentes concepções de estrutura da matéria. A atividade revelou-se eficaz ao estimular reflexões sobre os limites e avanços de cada modelo, promovendo uma aprendizagem crítica. De forma semelhante, Fiziotto (2019) apostou na gamificação como abordagem central, estruturando desafios conceituais em fases progressivas. Embora ambos os trabalhos utilizem jogos

como eixo metodológico, Fiziotto (2019) enfatiza a motivação e a participação, enquanto Camargo, et al (2018) prioriza a problematização epistemológica.

Essa diversidade de enfoques também se manifesta na proposta de Medeiros (2024), que articula a resolução de problemas com a dinâmica de Role Playing Game (RPG). Ao assumir papéis de cientistas, os estudantes vivenciam os dilemas históricos da construção dos modelos atômicos, o que amplia não apenas a compreensão conceitual, mas também o repertório argumentativo. A dramatização, nesse caso, aproxima-se da proposta de Silva (2020), que utiliza histórias em quadrinhos como recurso para representar a evolução dos modelos. Ambas as iniciativas valorizam a narrativa como ferramenta de aprendizagem, embora Silva (2020) privilegie a expressão visual e criativa, enquanto Medeiros (2024) foca na simulação de contextos históricos.

Por outro lado, Souza (2022) explora o potencial dos jogos digitais como estratégia motivadora, utilizando plataformas interativas que simulam experimentos e permitem a manipulação de modelos atômicos. A proposta se destaca por integrar tecnologia e ludicidade, promovendo maior retenção dos conteúdos, especialmente entre estudantes com menor afinidade prévia com a disciplina. Essa abordagem tecnológica encontra eco no trabalho de Oliveira, Goya & Freitas (2015), que propõem atividades baseadas em desenhos e percepções dos estudantes. Embora menos digital, essa proposta, também, valoriza a expressão visual como meio de diagnosticar e reconstruir significados científicos.

Por fim, Leite & Rodrigues (2020) apresentam uma proposta de sequência didática que, embora não tenha como foco exclusivo a ludicidade, incorpora atividades lúdicas como parte do planejamento pedagógico. A integração entre jogos, experimentações e recursos digitais evidencia que a ludicidade pode ser sistematicamente articulada ao ensino formal, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

3.1.3.2 Produção de Atividades Escritas

Arenghi (2014), embora com foco na divulgação científica e na temática dos agrotóxicos, propõe atividades escritas que envolvem a produção de textos reflexivos sobre os impactos da ciência na sociedade. Essa abordagem permite que os estudantes relacionem os modelos atômicos a contextos reais, ampliando a compreensão conceitual por meio da escrita argumentativa. A proposta se aproxima

do trabalho de Bezerra (2017), que utiliza situações de ensino para estimular a reconstrução da teoria atômica por meio de registros escritos. Ambos os trabalhos valorizam a escrita como ferramenta de expressão crítica, embora o primeiro enfatize a dimensão sociocientífica, enquanto o segundo foca na reconstrução conceitual.

Dutra (2019), ao aplicar metodologias ativas, propõe atividades escritas que envolvem a elaboração de relatórios, sínteses e mapas conceituais, integrando diferentes linguagens e formas de representação. Essa proposta dialoga com a de Souza (2023), que, ao utilizar o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), adapta as atividades escritas para atender à diversidade de perfis estudantis. Ambas as iniciativas mostram que a produção textual pode ser inclusiva e multimodal, especialmente quando articulada a ferramentas digitais como editores colaborativos, simuladores e vídeos explicativos.

Já Prates Júnior & Simões Neto (2015) propõem situações-problema que culminam na produção de textos argumentativos, nos quais os estudantes devem justificar escolhas, interpretar dados e propor soluções. Essa abordagem se destaca por integrar a escrita à resolução de problemas, promovendo uma aprendizagem ativa e contextualizada. A proposta se conecta à de Santos (2016), que, ao introduzir a física moderna no ensino médio, estimula a produção de textos que relacionam os modelos atômicos a descobertas contemporâneas. Em ambos os casos, a escrita não é apenas um registro, mas um instrumento de construção e reconstrução do conhecimento.

Apesar das diferenças metodológicas, os trabalhos analisados convergem na valorização da escrita como prática pedagógica que favorece a aprendizagem significativa dos modelos atômicos. Quando integrada a recursos como vídeos, simuladores e experimentações, a produção textual ganha relevância, permitindo que os estudantes articulem teoria e prática.

3.1.3.3 Recursos Computacionais

Veltrone (2019) propõe uma articulação entre experimentação e simulações virtuais, destacando que a modelagem atômica pode ser potencializada quando os estudantes têm acesso a ambientes digitais que reproduzem fenômenos microscópicos. Essa proposta se conecta diretamente à de Virgolino (2024), que utiliza a gamificação como estratégia para professores dos anos finais do ensino

fundamental. Embora com públicos distintos, ambos os trabalhos valorizam a interatividade como eixo central, mostrando que os recursos computacionais podem ser adaptados a diferentes níveis de ensino e objetivos pedagógicos.

Cardoso (2024) aprofunda essa discussão ao investigar como os estudantes do ensino médio constroem visualizações interpretativas dos modelos atômicos por meio de ferramentas digitais. A proposta revela que os simuladores não apenas ilustram os conceitos, mas também estimulam a elaboração de modelos mentais mais sofisticados, aspecto que dialoga com o trabalho de Chagas (2015), voltado ao desenvolvimento de modelos mentais em estudantes. Enquanto Cardoso (2024) foca na representação visual, a autora enfatiza os processos cognitivos, mas ambas reconhecem o papel dos recursos computacionais na mediação entre teoria e compreensão.

Loyola (2022) apresenta uma proposta inovadora ao aplicar as ciências forenses no ensino de física moderna, utilizando ambientes virtuais e simulações para contextualizar os modelos atômicos em situações investigativas. Essa abordagem interdisciplinar aproxima-se da proposta de Andrade (2015), que trabalha com modelagem numa perspectiva histórica. Embora Andrade (2015) não se concentre exclusivamente em recursos digitais, sua valorização da modelagem como prática ativa encontra ressonância na proposta de Loyola (2022), que transforma o conteúdo em experiência.

Por fim, Lopes (2017) propõe atividades experimentais espectroscópicas que, embora não sejam exclusivamente digitais, podem ser complementadas por simuladores que reproduzem os espectros atômicos. Essa integração entre prática e tecnologia reforça a ideia de que os recursos computacionais não substituem a experimentação, mas a ampliam, tornando-a mais acessível e visualmente rica.

Em conjunto, os trabalhos analisados demonstram que os recursos computacionais, quando aplicados com finalidade pedagógica, promovem uma aprendizagem mais interativa, visual e significativa dos modelos atômicos. As propostas variam entre simulações, jogos, modelagens e ambientes virtuais, mas todas convergem na valorização da tecnologia como mediadora do conhecimento científico. Ao se articularem com metodologias ativas, narrativas históricas e práticas experimentais, esses recursos ampliam o potencial formativo do ensino de Química, tornando-o mais dinâmico, inclusivo e conectado à realidade dos estudantes.

3.1.3.4 Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) vêm sendo incorporadas ao ensino de modelos atômicos como ferramentas que ampliam as possibilidades de mediação pedagógica, favorecendo a visualização, a interatividade e a contextualização dos conteúdos. Diferente dos recursos computacionais voltados à simulação e modelagem, as TICs abrangem uma gama mais ampla de estratégias, como vídeos, animações, redes sociais, aplicativos e ambientes digitais, que podem ser integradas ao cotidiano escolar com flexibilidade e criatividade.

Graça & Monteiro (2015) relatam uma experiência de aula mediada por tecnologia, evidenciando como o uso de plataformas digitais pode transformar a dinâmica da sala de aula. A proposta destaca que, ao utilizar recursos como vídeos e apresentações interativas, os estudantes se tornam mais engajados e participativos. Essa abordagem também é compartilhada por Corrêa et al., (2020), que utilizam a técnica de Stop Motion como ferramenta didática. Embora com linguagens distintas, ambos os trabalhos valorizam a produção audiovisual como meio de expressão e construção de conhecimento, mostrando que as TICs podem ser tanto instrumento de consumo quanto de criação.

Sousa (2019) propõe o uso do Scratch como recurso facilitador na compreensão dos modelos atômicos. A proposta se destaca por permitir que os estudantes programem suas próprias representações, promovendo uma aprendizagem ativa e personalizada. Essa dimensão interativa aproxima-se da proposta de Santos (2022), que utiliza o simulador PhET como estratégia de ensino. Embora o foco do autor esteja mais voltado à simulação, o uso do PhET como ferramenta acessível e visual também se insere no escopo das TICs, especialmente quando articulado a atividades orientadas e discussões em grupo.

Sá Aravechia (2020) e Aquino Junior (2013) trazem propostas que, embora centradas na modelagem e na introdução de conceitos quânticos, fazem uso de TICs para apoiar o processo de ensino. O primeiro integra vídeos, apresentações e recursos digitais em uma unidade didática multiestratégica, enquanto o segundo utiliza materiais digitais para tornar acessível a complexidade do modelo quântico. Ambos mostram que as TICs podem ser aliadas na abordagem de conteúdos

considerados difíceis, desde que acompanhadas de mediação pedagógica adequada.

Arraes (2019), ao tratar do ensino de Física Contemporânea, também recorre às TICs para contextualizar a estrutura do átomo em uma perspectiva atual. A proposta valoriza a utilização de vídeos, textos digitais e discussões online como forma de aproximar os estudantes dos avanços científicos, promovendo uma aprendizagem conectada à realidade e ao cotidiano tecnológico dos alunos.

Em conjunto, os trabalhos analisados demonstram que as TICs, quando aplicadas nas práticas de sala de aula, não apenas ampliam o repertório didático, mas também promovem uma aprendizagem mais significativa, colaborativa e contextualizada. Ao se articularem com metodologias ativas, recursos computacionais e práticas experimentais, as TICs tornam o ensino dos modelos atômicos mais acessível e conectado às linguagens dos estudantes.

3.1.4 Propostas de ensino voltadas ao estudo de modelos atômicos

Nesta categoria, foram reunidos estudos que analisam propostas didáticas não implementadas relacionadas aos modelos atômicos. Trata-se de produções que apresentam materiais, sequências didáticas ou recursos pedagógicos que ainda não foram aplicados em contexto de sala de aula. Em diversos casos, os autores recorrem a entrevistas ou a avaliações com professores como forma de validar ou aperfeiçoar os produtos desenvolvidos.

3.1.4.1 Atividades Lúdicas

Passos (2022) apresenta uma proposta baseada em método cooperativo, estruturada como um quebra-cabeça didático que articula os três níveis do conhecimento químico, macroscópico, submicroscópico e representacional, na abordagem da estrutura atômica. A atividade, além de lúdica, exige dos estudantes a construção coletiva de significados, promovendo a interdependência positiva e o diálogo entre pares. Essa estratégia se destaca por integrar ludicidade e profundidade conceitual, mostrando que o jogo não precisa ser superficial para ser eficaz.

A proposta do autor também valoriza a metacognição, ao estimular os estudantes a refletirem sobre suas próprias compreensões e dificuldades durante a montagem do quebra-cabeça. Essa dimensão reflexiva aproxima-se das

metodologias ativas, mas com o diferencial de utilizar a ludicidade como catalisador da aprendizagem. O jogo, nesse contexto, não é apenas uma ferramenta de engajamento, mas um dispositivo pedagógico que favorece a articulação entre teoria e prática, linguagem e representação, individualidade e cooperação.

Embora o trabalho de Passos (2022) seja o único analisado nesta subcategoria, ele já revela o potencial das atividades lúdicas como propostas de ensino que respeitam a complexidade dos modelos atômicos sem abrir mão da leveza e da criatividade. Ao integrar os três níveis do conhecimento químico em uma dinâmica cooperativa, a proposta contribui para uma formação mais crítica, integrada e significativa dos estudantes.

3.1.4.2 Produção de atividades escritas

Martins (2021) apresenta uma proposta voltada à inclusão de estudantes com deficiência visual no universo do conhecimento químico. Essa proposta visa orientar os professores com base num ebook, a respeito de como ser mais didático em sala de aula quando a presença de alunos com deficiência visual. A proposta se destaca por articular acessibilidade e com a parte conceitual, mostrando que a escrita pode ser adaptada para atender diferentes perfis de estudantes, desde que acompanhada de estratégias sensíveis e inclusivas. Ao propor a produção de textos, relatos e descrições táteis, a autora transforma a escrita em um espaço de construção de sentido e pertencimento.

Essa abordagem não apenas amplia o acesso ao conteúdo de estrutura atômica, mas também valoriza a diversidade de linguagens e formas de expressão. A escrita, nesse contexto, não é vista como uma tarefa isolada, mas como parte de um processo de aprendizagem que envolve escuta, mediação e adaptação. A proposta de Martins (2021) revela que, mesmo em temas abstratos como os modelos atômicos, é possível construir caminhos inclusivos e significativos por meio da linguagem escrita.

Embora o trabalho analisado seja único nesta subcategoria, ele já aponta para um horizonte promissor: o da escrita como prática pedagógica que respeita as singularidades dos estudantes e promove uma aprendizagem mais equitativa, crítica e sensível.

3.1.4.3 Recursos Computacionais

Duarte (2024) apresenta uma proposta centrada na criação de um site educacional voltado ao ensino da Teoria Quântica no Ensino Médio. A iniciativa se destaca por oferecer suporte direto aos professores, disponibilizando materiais interativos, conteúdos explicativos e recursos visuais que facilitam a abordagem dos modelos atômicos em sua vertente mais moderna. Ao propor uma plataforma digital como ferramenta de mediação, a autora reconhece que o ensino da estrutura da matéria exige mais do que livros e lousas, exige ambientes que dialoguem com a cultura digital dos estudantes.

A proposta também valoriza a autonomia docente, ao oferecer um espaço de apoio que pode ser adaptado às diferentes realidades escolares. O site não é apenas um repositório de conteúdos, mas um ambiente de formação continuada, onde o professor pode encontrar caminhos para abordar a física quântica de forma contextualizada e significativa. Essa perspectiva se alinha ao movimento de valorização dos recursos computacionais como instrumentos de empoderamento pedagógico, e não apenas como acessórios tecnológicos.

3.1.4.4 Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs

Gomes da Silva et al. (2022) apresentam uma proposta didática para o estudo da evolução dos modelos atômicos no Ensino Médio, integrando recursos digitais como vídeos, animações e materiais interativos. A proposta se destaca por valorizar a narrativa histórica da ciência, articulando os avanços teóricos com os contextos tecnológicos que os tornaram possíveis. Ao utilizar TICs para ilustrar essa evolução, os autores promovem uma aprendizagem visual e cronológica, que ajuda os estudantes a compreenderem não apenas os modelos, mas também os motivos de suas transformações.

Coelho Júnior (2024), por sua vez, propõe o uso do perfil conceitual de átomo na Educação de Jovens e Adultos (EJA), utilizando recursos digitais como suporte para a construção de significados. A proposta reconhece que os estudantes da EJA possuem trajetórias escolares e de vida distintas, e que as TICs podem ser ferramentas de aproximação, personalização e valorização dessas experiências. Ao integrar vídeos, textos digitais e atividades em plataformas acessíveis, o autor

promove uma abordagem inclusiva e dialógica, que respeita os ritmos e repertórios dos estudantes.

Ambas as propostas revelam que as TICs não são apenas instrumentos de ilustração, mas também de mediação cultural e pedagógica. Ao serem utilizadas com finalidade, elas permitem que os modelos atômicos sejam abordados de forma mais próxima à realidade dos estudantes, favorecendo a construção de significados, a participação e a autonomia. Além disso, ao articularem os conteúdos científicos com narrativas digitais, essas propostas contribuem para uma educação química mais conectada, crítica e responsiva às demandas contemporâneas.

O conjunto de trabalhos analisados revela um panorama rico e diversificado de abordagens para o ensino de modelos atômicos, articulando diferentes metodologias, recursos e públicos. As propostas se distribuem em duas grandes vertentes: aquelas aplicadas em sala de aula com resultados de aprendizagem e aquelas que apresentam alternativas didáticas ainda em fase de proposição. Em ambas, observa-se um esforço contínuo de tornar o conteúdo mais acessível, significativo e conectado à realidade dos estudantes.

Os recursos computacionais aparecem como protagonistas na mediação dos modelos atômicos. Trabalhos como os de Veltrone (2019), Santos (2022) e Sousa (2019) mostram como simuladores, linguagens de programação e ambientes virtuais podem favorecer a visualização e a manipulação de conceitos abstratos. Já Duarte (2024) propõe um site educacional como suporte ao professor, ampliando o acesso à Teoria Quântica no Ensino Médio. A principal semelhança entre essas propostas é o uso da tecnologia como ponte entre teoria e prática, enquanto a diferença está na finalidade: alguns trabalhos focam na autonomia do estudante, outros priorizam o apoio ao docente.

As Tecnologias da Informação e Comunicação também são exploradas como ferramentas de aproximação entre os conteúdos científicos e os repertórios socioculturais dos estudantes. Monteiro & Graça (2015), Gomes da Silva et al. (2022) e Coelho Júnior (2024) mostram como vídeos, plataformas digitais e materiais interativos podem tornar o ensino dos modelos atômicos mais dinâmico e contextualizado. A semelhança está na valorização da linguagem digital como forma de participação, enquanto a diferença aparece no público-alvo: Gomes da Silva, et al. (2022) foca no Ensino Médio, e Coelho Júnior e Antonio (2024) propõe adaptações para a Educação de Jovens e Adultos.

As atividades lúdicas também se destacam, como no trabalho de Passos (2022), que utiliza um quebra-cabeça cooperativo para abordar os três níveis do conhecimento químico. A atividade não é apenas uma estratégia de engajamento, mas uma ferramenta de articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e representacional, promovendo cooperação e construção coletiva de significados. Embora seja a única proposta lúdica analisada, ela revela o potencial do jogo como prática pedagógica profunda.

A produção de atividades escritas aparece como estratégia de inclusão e expressão, especialmente no trabalho de Martins (2021), que propõe atividades adaptadas para estudantes com deficiência visual. A escrita, nesse contexto, é transformada em espaço de construção de sentido e pertencimento, mostrando que é possível construir caminhos inclusivos e significativos mesmo em temas abstratos como os modelos atômicos.

Por fim, propostas centradas em modelagem, sequências didáticas e abordagens históricas, como as de Andrade (2015), Aravechia de Assis (2020) e Chagas (2015), valorizam a construção de modelos mentais e a contextualização histórica da ciência. Embora cada estudo tenha um foco distinto, todas convergem na valorização da modelagem como prática ativa e significativa.

Em conjunto, os trabalhos analisados revelam que o ensino de modelos atômicos pode ser enriquecido por múltiplas abordagens, como atividades lúdicas, digitais, escritas, experimentais e históricas, desde que aplicadas com objetivo pedagógico. As propostas variam em escopo, público e profundidade, mas todas convergem na busca por uma aprendizagem mais significativa, inclusiva e conectada à realidade dos estudantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi realizada uma revisão sistemática da literatura envolvendo artigos, teses e dissertações disponíveis no Catálogo de Teses e Dissertações, Periódicos CAPES e Biblioteca Nacional de Teses e Dissertações, com o objetivo de identificar as diferentes estratégias didáticas propostas para o ensino de modelos atômicos na Educação Básica.

A investigação evidenciou que, embora os modelos atômicos sejam conteúdos de elevada abstração e complexidade, diversas abordagens metodológicas têm sido desenvolvidas com o intuito de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais significativo e acessível aos estudantes. No uso da história da ciência, a principal dificuldade está em evitar que os modelos sejam apresentados como uma sequência linear e simplificada, o que pode levar os estudantes a acreditar que cada teoria foi totalmente substituída pela seguinte. A solução encontrada foi trabalhar a história como um processo de construção coletiva, destacando os contextos sociais e científicos de cada modelo e mostrando que eles coexistem como representações úteis em diferentes situações.

No que se refere às simulações computacionais e aos recursos digitais, a dificuldade mais recorrente relaciona-se à infraestrutura limitada das escolas e à formação insuficiente dos professores para o uso dessas tecnologias. A literatura aponta como soluções o emprego de softwares gratuitos e acessíveis, além de ações de formação que possibilitem integrar tais recursos de maneira significativa, aproximando os estudantes de representações visuais que auxiliam na compreensão dos fenômenos microscópicos.

As atividades experimentais também enfrentam limitações, sobretudo pela impossibilidade de reproduzir fenômenos de escala atômica. Nesse contexto, as propostas sugerem a utilização de experimentos alternativos e analogias práticas, que permitem aos estudantes estabelecer conexões entre o mundo macroscópico e os conceitos abstratos. Essa abordagem favorece o aprendizado ativo e a contextualização. Quanto as metodologias ativas, como jogos didáticos, dinâmicas de grupo e construção de modelos, a desafio está em garantir que a atividade não se torne apenas lúdica, sem aprofundamento conceitual. A solução é planejar cuidadosamente as etapas, de modo que o jogo ou a dinâmica esteja sempre

vinculada a objetivos claros de aprendizagem, permitindo que os estudantes reflitam sobre os conceitos trabalhados e consolidem o conhecimento.

As propostas mediadas por tecnologias digitais, como aulas transmitidas e recursos multimídia, a principal dificuldade é manter a participação dos estudantes em ambientes virtuais ou híbridos. A solução apontada é diversificar os recursos utilizados, como vídeos, animações, analogias visuais e atividades interativas, para que o estudante não apenas assista, mas participe ativamente do processo de aprendizagem.

Em síntese, o ensino de modelos atômicos exige estratégias que reconheçam a complexidade do tema e que busquem aproximar os estudantes de representações acessíveis e significativas. As soluções apresentadas pela literatura demonstram que não existe uma única metodologia capaz de superar todos os desafios, ao contrário, trata-se de um conjunto de práticas complementares que, quando articuladas, podem favorecer um ensino mais significado.

Este trabalho reforça que o papel do professor é central nesse processo, pois cabe a ele selecionar, adaptar e integrar as diferentes abordagens de acordo com o contexto escolar. Espera-se que as reflexões aqui apresentadas contribuam para ampliar o repertório pedagógico e incentivar novas práticas que promovam uma aprendizagem mais significativa e criativa sobre o ensino dos modelos atômicos.

Por fim, ressaltamos que esta revisão não esgota o tema. Novas investigações podem explorar, de forma mais aprofundada, a eficácia comparativa das metodologias identificadas, bem como analisar como tais propostas têm sido apropriadas na prática docente. Assim, este estudo pretende contribuir para o fortalecimento de discussões e para o desenvolvimento de pesquisas futuras que avancem na qualificação do ensino de ciências.

5.REFERÊNCIAS

- AQUINO JUNIOR, J. L. M. Modelo atômico quântico: uma alternativa para a introdução no ensino médio. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais) – Universidade Federal de Mato Grosso. Disponível em: https://www.fisica.ufmt.br/pgecn/index.php/dissertacoes-e-produtos-educacionais/banco-de-dissertacoes/doc_download/103-jairo-luiz-medeiros-aquino-junior. Acesso em: 20 mar. 2025.
- ANDRADE, J. S. de. A abordagem de modelos atômicos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental pelo uso de modelos e modelagem numa perspectiva histórica. 2015.
- ARRAES, C. S. O ensino de Física Contemporânea: compreendendo a estrutura do átomo. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física – PROFIS) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.
- BARBOSA, F. G.; FEITOSA, E. M. A.; FORTE, C. M. S. Química Geral I. Fortaleza: EDUECE, 2016.
- BEZERRA, A. do A. C. O átomo em foco: entendendo sua teoria a partir de uma situação de ensino. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/9647> Acesso em: 09 dez. 2025.
- BIZZO, N. Ciências: fácil ou difícil?. 2. ed. São Paulo: Ática, 2009.
- BRAGA, M.; TOLEDO, C. Modelos e modelagem na sala de aula: refletindo sobre o processo de construção do conhecimento científico. In: Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, IX., 2013, Girona. Actas... Girona: [s.n.], 2013. p. 485-490. Disponível em: https://www.academia.edu/87668511/Modelos_e_Modelagem_Na_Sala_De_Aula_Refletindo_Sobre_O_Processo_De_Constru%C3%A7%C3%A3o_Do_Conhecimento_Cient%C3%ADfico Acesso em: 22 jul. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- BUNGE, Mario. Method, model, and matter. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1973. (Synthese Library, v. 44). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=2bUqBgAAQBAJ> Acesso em: 22 jul. 2025.
- CAMARGO, L. C.; ASQUEL, S. S.; OLIVEIRA, B. R. M. Problematizando o ensino de modelos atômicos: um estudo das representações e o uso de um jogo didático. Actio: Docência em Ciências, v. 3, n. 3, p. 197–215, 2018. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/download/7998/5735> . Acesso em: 20 mar. 2025.

CARDOSO, H. C. Visualização interpretativa dos estudantes de ensino médio na aprendizagem de modelos atômicos. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/261706> . Acesso em: 20 mar. 2025.

CHAGAS, D. H. Desenvolvimento de modelos mentais de átomos em estudantes do ensino médio. 2015. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática)–Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2015. Disponível em:https://sucupiralegado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2892280

CHAVES, L. M. M. P. História da ciência no estudo de modelos atômicos em livros didáticos de química. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc36_4/05-HQ-176-12.pdf . Acesso em: 20 mar. 2025.

COELHO JÚNIOR, M. A. A utilização do perfil conceitual de átomo na educação de jovens e adultos. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/56272> Acesso em: 20 mar. 2025.

CORRÊA, T. A.; MARTINS, H. L.; MILLAN, R. N.; MARANGONI, A. C. Uma experiência didática através da ferramenta Stop Motion para o ensino de modelos atômicos. Holos, v. 6, p. 1–15, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/349361892> . Acesso em: 20 mar. 2025.

COSTA, L. F.; SANTOS, V. A abordagem de resolução de problemas articulada ao Role Playing Game (RPG): um estudo dos modelos atômicos no ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 14, n. 2, p. 1–20, 2021. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/13678> . Acesso em: 20 mar. 2025.

DUTRA, A. A. O ensino de modelos atômicos por meio de metodologias ativas. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: http://repositorio2.unb.br/bitstream/10482/37345/1/2019_ArleneAlvesDutra.pdf . Acesso em: 20 mar. 2025.

FIZIOTTO, R. B. S. Gamificação: uma proposta de abordagem de modelos atômicos para estudantes do ensino médio. 2019. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2019. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFBC_d254693c76550c6088b67c6d10ff399f

Acesso em: 22 jul. 2025.

GIERE, Ronald N. How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, v. 71, n. 5, p. S742-S752, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/216300663_How_Models_Are_Used_to_Represent_Reality. Acesso em: 22 jul. 2025.

GRAÇA, Y. R.; MONTEIRO, D. D. Relatos de uma aula de Química sobre modelos atômicos no programa de Ensino Médio mediado por tecnologia. *Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, v. 1, n. 2, p. 1–15, 2015. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/41>. Acesso em: 20 mar. 2025.

HEIDEMANN, L. A. Ressignificação das Atividades Experimentais no Ensino da Física por meio do Enfoque no Processo de Modelagem Científica. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

LEITE, L. R. et al. O uso de sequências didáticas no ensino de Química: proposta para o estudo de modelos atômicos. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*, v. 11, n. 2, p. 177–188, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RBEU/article/view/11429>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LOYOLA, R. C. Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa aplicando as ciências forenses ao ensino de física moderna para o ensino médio. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/16783> Acesso em: 22 jul. 2025.

MARTINS, F. S. A inclusão do estudante com deficiência visual no universo do conhecimento químico: uma proposta para a promoção da educação científica no Ensino Fundamental.. 2021. 176 f. Dissertação(Programa de Pós-Graduação em Gestão de Ensino da Educação Básica/CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS/) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/3493> Acesso em: 20 mar 2025.

MACEDO, M. S. Evolução dos modelos atômicos: uma proposta epistemológica na elaboração de modelos teóricos para explicar a estrutura da matéria. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/items/cad9308d-524d-4fd9-b436-78f12384ca06/full>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MACEDO, M. S.; PANTOJA, G. C. F.; MOREIRA, M. A. Modelos atômicos no ensino médio: uma unidade de ensino potencialmente significativa com ênfase em uma descrição epistemológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 2, p.

- 235–252, 2020. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1756> Acesso em: 20 mar. 2025.
- MACHADO, J.; BRAGA, M. A conceitualização de modelos em Física: aproximações e distanciamentos entre as visões de Mario Bunge e Gérard Vergnaud. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 22, e10560, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/WnySVGCTHPjhZChzR6qwwLc/?format=html&lang=pt> Acesso em: 15 jul. 2025.
- MEDEIROS, G. R. S. de. A abordagem de resolução de problemas articulada ao Role Playing Game (RPG): um estudo dos modelos atômicos no ensino médio. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2024. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/9737> Acesso em: 22 jul. 2025.
- MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química. Química Nova na Escola, v. 35, n. 2, p. 112-122, maio de 2013. Disponível em: https://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf Acesso em: 22 jul. 2025.
- MELO, J. F. de. Tópicos de física moderna e contemporânea no Ensino Médio: uma abordagem histórica e conceitual dos modelos atômicos. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEPB_6c5206d2248b4a8dfd91336697614753 Acesso em: 22 jul. 2025.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLoS Medicine, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- MOURA, C. B. de. Discutindo a natureza da ciência no ensino médio: um caminho a partir do desenvolvimento dos modelos atômicos. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=1579035 . Acesso em: 20 mar. 2025.
- NETO, O. G. Z. O conteúdo formal na representação imagética dos modelos atômicos. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Franciscana, Santa Maria, 2018. Disponível em: <http://www.tede.universidadefranciscana.edu.br:8080/handle/UFN-BDTD/712> Acesso em: 09 dez. 2025.
- OLIVEIRA, L. de M.; GOYA, A.; FREITAS, K. R. de. O pensamento científico

construído por meio de desenhos e percepções no ensino dos modelos atômicos. Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos, v. 41, n. 82, p. 1–20, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/sv/article/download/38031/19120/159072>. Acesso em: 20 mar. 2025.

OSTERMANN, F. Partículas elementares e interações fundamentais. Porto Alegre: Instituto de Física, 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio”. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, pp. 23-48, 2000.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, [S.I.], v. 372, n. 71, p. 1–9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>. Acesso em: 21 jul. 2025.

PALANDI, J. Física moderna. 1. ed. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, UAB, 2010.

PASSOS, T. S. Um quebra-cabeça possível? Método cooperativo e os três níveis do conhecimento químico na abordagem do tema estrutura atômica. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Instituto Federal do Espírito Santo. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/2571/DISSERTA%C3%87%C3%83O DE MESTRADO TIAGO SILVA PASSOS PROFQUI.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PRATES JÚNIOR, M. S. L.; SIMÕES NETO, J. E. Situações-problema como Estratégia Didática para o Ensino dos Modelos Atômicos. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 8, n. 3, p. 1–15, 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2725>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SÁ, C. R. A. de. A implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica sobre modelos atômicos no Ensino Médio: desafios e potencialidades do ensino fundamentado em modelagem. 2020. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/bdc6ebe0-833a-4c80-92d8-30e278b0cab8>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SANTOS, W. J. M. dos. Utilização do simulador PhET como estratégia para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de modelos atômicos. 2022.

SANTOS, C. M.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. Revista Latino-Americana de Enfermagem, Ribeirão Preto, v. 15, n. 3, p. 508–511, maio/jun. 2007.

SANTOS, J. L. A física moderna no Ensino Médio a partir dos modelos atômicos. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do ABC. Disponível em: http://biblioteca.ufabc.edu.br/index.php?codigo_sophia=103885. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, A. C. Modelos atômicos no livro didático de química: estudo das representações ilustrativas pelo viés do discurso científico-social. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.ufpr.br/handle/1884/65432>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, F. S. da; CATELLI, F. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 41, n. 4, e20190029, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Tpptn4TXLkh9STzkrgVFKb/?lang=pt>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SILVA, J. A. da. A construção de histórias em quadrinhos na evolução dos modelos atômicos: uma proposta de aprendizagem significativa. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino em Educação Básica) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UERJ_57d67bc66c4fabf0592a557e80019e8f. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, R. M. Gamificação: uma proposta de abordagem de modelos atômicos para estudantes do ensino médio. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de São Paulo. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/62245>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, A. M. da. Um diálogo entre a história da química e livros didáticos, numa perspectiva bachelardiana: o caso dos modelos atômicos. 2010.

SOUSA, J. B. F. de. Scratch como recurso pedagógico facilitador na compreensão de modelos atômicos. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7717>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SOUZA, B. P. da S. O uso de jogos digitais como estratégia motivadora no ensino de Química na Educação Básica. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff;hhandndle/handle/1/2644>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SOUZA, M. L. C. de. Análise da aplicação de unidade didática para o ensino de atomística sob a perspectiva do desenho universal para a aprendizagem (DUA). 2022. 137 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2022.

TEIXEIRA, Y. B. da S.; SANTOS, S. C. S. Análise de analogias para o ensino de modelos atômicos presentes nos livros didáticos do PNLD 2020. Revista Amazônia, v. 28, n. 1, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/download/14847/10694>. Acesso em: 20 mar. 2025.

VELTRONE, L. A. Modelagem atômica: o elo entre experimentação e simulações virtuais no ensino de Química. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5413/1/modelagematomicalexperimentacaosimulacoes.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025