

MODELOS ATÔMICOS: DA FILOSOFIA À QUÍMICA QUÂNTICA

Marina Lira Prata Costa ¹
João Gabriel Gonçalves de Oliveira ²
Letícia Lacerda Brito ³
Sharon Landgraf Schlup ⁴
Eduardo Luiz Dias Cavalcanti ⁵

RESUMO

Este relato de experiência apresenta uma prática didática acerca do estudo sobre modelos atômicos, tema introdutório do conteúdo de Química no Ensino Médio. Muitos estudantes, nesse estágio, ainda têm dificuldade para compreender a Química, sobretudo por seu caráter abstrato e pela presença de experimentos que nem sempre parecem conectados ao cotidiano. Pensando nisso, os estudantes da Universidade de Brasília vinculados ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) elaboraram duas aulas, voltadas para o 1º ano do Ensino Médio, do Instituto Federal de Brasília - escola parceira do PIBID - para tratar desse assunto de maneira mais didática, contextualizada e interativa, favorecendo a participação e o entendimento dos alunos sobre a temática. Na primeira aula, utilizou-se modelos atômicos em 3D, feitos artesanalmente, para facilitar a visualização e a comparação entre as diferentes teorias propostas ao longo da história, desde os tempos pré-socráticos até as noções atuais do que compreende-se como o átomo. Também foi aplicado um experimento no qual os alunos tentavam deduzir o que havia no interior de uma caixa lacrada, sem abri-la, simulando o raciocínio científico e experimental necessário à formulação de modelos teóricos, uma analogia direta ao processo de construção dos modelos atômicos. Ainda no intuito de contextualizar o processo histórico-científico, utilizou-se um tubo de Geissler para simular o experimento de raios catódicos, realizado pelo físico britânico, J. J. Thomson, essencial para o desenvolvimento de seu modelo. As atividades buscaram promover o protagonismo dos alunos por meio da investigação, da observação e da construção do conhecimento de forma colaborativa. Ao final das aulas, foi perceptível o maior engajamento da turma e a compreensão mais sólida sobre os diferentes modelos atômicos. A sequência didática mostrou-se eficaz ao aliar teoria, prática e experimentação, elementos fundamentais para o ensino de Química na Educação Básica.

Palavras-chave: Modelos Atômicos, Ensino de Química, Ensino Médio, PIBID.

¹ Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal - UnB, marinalpcosta@gmail.com;

² Graduando pelo Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal - UnB,

gabrieljoao288@gmail.com;

³ Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Brasília - UnB, leticialacerda.unb@outlook.com;

⁴ Professora Supervisora do PIBID Subprojeto Química - DF, 1926642@etfbsb.edu.br;

⁵ Professor Coordenador do PIBID Subprojeto Química da Universidade de Brasília - DF, eldcquimica@gmail.com.



INTRODUÇÃO

O estudo dos modelos atômicos ocupa um papel central na construção do conhecimento químico, sendo um dos primeiros conteúdos trabalhados com os alunos logo que começam a ter aulas de química, tanto no 9º ano do fundamental, quanto no 1º ano do Ensino Médio. Desde os filósofos gregos, que buscaram compreender a natureza por meio da razão e da observação, como Leucipo e Demócrito, até os modelos modernos propostos pela química quântica, como o modelo de Bohr, a noção de átomo evoluiu continuamente, de acordo com o avanço dos métodos experimentais e das formas de pensar a ciência. No ensino de Química, entretanto, esse conteúdo ainda representa um desafio, uma vez que exige dos estudantes a capacidade de abstração e de transposição entre o mundo microscópico e o macroscópico, cabendo ao professor se tornar o guia para que o aluno faça a coligação entre os dois mundos.

Com base nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido por alunos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), em parceria com o Instituto Federal de Brasília (IFB), com turmas do 1º e 2º ano do Ensino Médio. Foram elaboradas duas aulas, de 50 minutos, voltadas ao ensino dos modelos atômicos e da história da ciência, buscando aproximar os alunos do processo de construção do conhecimento científico.

A escolha por uma abordagem mais dinâmica e interativa decorre da constatação de que muitos estudantes têm dificuldade em compreender a natureza abstrata dos modelos científicos e tendem a concebê-los como cópias da realidade. E a proposta consistiu na aplicação de duas aulas nas quais foram utilizados diferentes recursos didáticos, como modelos tridimensionais e experimentos analógicos. Entre as atividades, destaca-se a dinâmica da “caixa preta”, em que os estudantes, sem poder abri-la, precisavam formular hipóteses sobre o que havia em seu interior, simulando o processo de investigação científica (Dutra, 2019). Além disso, utilizou-se um tubo de *Geissler*, equipamento pertencente ao patrimônio do IFB, para representar o experimento de raios catódicos, permitindo relacionar o desenvolvimento histórico da teoria atômica aos fenômenos físicos observados (Bassalo, 1993).

O principal objetivo deste trabalho foi relatar e analisar a aplicação de uma sequência didática sobre os modelos atômicos, desenvolvida para tornar o conteúdo mais acessível e atrativo para os estudantes. Especificamente, buscou-se fomentar o raciocínio científico, contextualizar historicamente a evolução das teorias atômicas e promover o protagonismo discente por meio da experimentação e da modelagem.

METODOLOGIA

O contexto escolar dentro do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), permite ao professor e ao bolsista visualizar as dificuldades expressas pelos alunos e pensar formas mais dinâmicas de apresentar o conteúdo, na intenção de tornar a educação dos jovens mais significativa e participativa. Com isso, foram desenvolvidas duas aulas, de 50 minutos, para abordar o tema de modelos atômicos e história da ciência, da antiguidade aos dias atuais. As aulas foram voltadas para os estudantes do 1º ano do Ensino Médio, podendo ser adaptadas a outras turmas que ainda não tiveram contato com o tema. O objetivo foi aprofundar o conteúdo apresentado no livro didático, promovendo uma aprendizagem mais significativa por meio de dinâmicas, questionamentos e contextualizações com situações do cotidiano.

Em um primeiro momento, foi realizada a dinâmica da *caixa preta*, que consistiu na entrega aos alunos de uma caixa lacrada, de modo a impossibilitar sua abertura. No interior havia um objeto específico⁶, o qual os estudantes foram incentivados a investigar livremente, guiados por suas próprias hipóteses e percepções, tendo como única regra não abrir a caixa. Foi recomendado que cada aluno da turma tivesse a oportunidade de manuseá-la, contribuindo coletivamente para formular hipóteses sobre o que havia em seu interior (Dutra, 2019). Todas as hipóteses levantadas pelos alunos foram registradas no quadro, e a caixa permaneceu fechada, ressaltando a analogia com o estudo dos modelos atômicos. Essa estratégia permitiu que os estudantes compreendessem que, por mais preciso que um modelo possa ser na tentativa de representar o objeto de estudo, ele ainda continuará sendo uma representação.

⁶ O objeto dentro da caixa, assim como os modelos atômicos em 3D, pode ser feito de diversas maneiras. Neste caso, foram usados pedaços de papelão e papel, para a confecção da caixa, e uma tampa de desodorante aerosol enrolada em fita crepe, para alcançar um formato diferente e desafiador para os estudantes.



Assim, mesmo que os alunos acertassem o conteúdo da caixa, jamais poderiam afirmar com total certeza o que realmente havia em seu interior.

Em seguida, foi proposto o seguinte questionamento como forma de problematização: “Como vocês descrevem a natureza?”. O objetivo foi estimular os alunos a pensarem sobre as várias formas de descrever a natureza e o quanto vasta se torna esta descrição. Assim, foi iniciada a apresentação de slides, abordando as concepções de Tales de Mileto sobre os elementos, a origem do termo ‘átomo’ e a teoria dos “4 elementos” (água, terra, fogo e ar). Essa abordagem teve como objetivo contextualizar os alunos quanto ao surgimento do atomismo e evidenciar as diferentes formas de se entender um mesmo fenômeno. Posteriormente, foi relatado o caso da “pílula do câncer”, composta por fosfoetanolamina, como forma de contextualização atual e exemplificação de modelos infundados, reforçando o caráter investigativo e experimental necessário para a criação de bons modelos no decorrer de toda a história da ciência.

Em um momento seguinte, iniciando o estudo da teoria atômica e a formulação dos modelos, os alunos foram apresentados às principais que contribuíram para a compreensão atual do conceito de átomo. Para favorecer a visualização e a compreensão das teorias, foram utilizadas maquetes representando cada um dos modelos propostos por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Para representar o experimento realizado por Thomson e dar oportunidade aos estudantes de observarem e interagirem com o fenômeno, foi utilizado um tubo de Geissler. Os tubos de Geissler, criados pelo físico e vidraceiro alemão, Johann Heinrich Wilhelm Geissler, por volta de 1855, foram dispositivos pioneiros que, graças ao vácuo eficiente obtido por sua bomba de vácuo sem partes móveis e ao estudo de descargas elétricas em gases rarefeitos, tiveram como finalidade principal a investigação experimental dos fenômenos de luminescência e da condução elétrica em baixa pressão, o que abriu caminho para a compreensão dos raios catódicos e, posteriormente, para a descoberta do elétron (Bassalo, 1993). Dessa forma, a utilização de tal aparelho chega a se assemelhar ao que Thomson fez com o Tubo de Crookes, já que o tubo de Geissler seria seu precursor.

No início da segunda aula, após uma breve recapitulação e a sistematização dos principais dos modelos já vistos, introduziu-se o modelo de Nakaoka. Apesar de pouco comentado na história, esse cientista teorizou o modelo saturniano de órbitas, anos antes de Bohr, o que evidencia o caráter dinâmico e evolutivo das ideias acerca da estrutura atômica.



Em seguida, apresentou-se a teoria de Rutherford e o experimento da folha de ouro, promovendo discussões a respeito das diferentes partes do átomo e a necessidade de desenvolver modelos mais adequados para explicar distintos fenômenos. A sequência culminou com o modelo de Bohr, junto a explicação sobre o espectro eletromagnético e o “salto quântico”, além de uma breve introdução a teoria atomista de Schrödinger e seu modelo quântico, esclarecendo a diferença entre órbitas e orbitais e ilustrando a “real aparência” de um átomo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A ciência adota métodos específicos para compreender e representar o mundo. Porém, muitas vezes é necessário traduzir o mundo para uma linguagem mais acessível, não apenas para a comunidade científica, mas para aqueles que desejam se aproximar do pensamento científico. Como toda forma de conhecimento, a ciência desenvolveu ao longo dos anos uma linguagem própria, dotada de símbolos, termos, convenções, modos de expressão e modelos, sendo estes últimos objetos de estudo contínuo, sujeitos a constantes transformações.

Os modelos e processos de modelagem desempenham um papel central no desenvolvimento da ciência. Logo, se o desenvolvimento prático dos cientistas envolve a elaboração de modelos, então, se faz necessário que a educação em ciências trate também do tema (Colinvaux, 1998, p.9). Para Chassot (1993, p. 104), os modelos são simplificações da realidade, ou porque esta é complexa demais, ou porque pouco a conhecemos. Já Mortimer, em sua tese de doutorado (1994, p. 74), trata os modelos não como uma cópia do real, mas como uma representação.

Uma realidade inacessível aos sentidos é explicada por meio de idéias e objetos similares àqueles existentes no mundo real. Neste sentido, o modelo, apesar de fazer uso de uma analogia com objetos mecânicos reais, ultrapassa essa simples analogia, pois implica a criação de uma estrutura que é apenas isomórfica, mas não idêntica ao real.

Temos, então, um modelo como uma representação, uma simplificação de um fenômeno, na tentativa de compreendê-lo e minimizar a multiplicidade de coeficientes que o torna complexo e de complicada compreensão. Logo, nenhum modelo será uma solução completa para tal complexidade, e, mesmo possibilitando uma ótica diferente dos fatos, o

modelo sempre terá limitações, sejam elas quando se chega ao limite da representação, ou quando se excede a compreensão humana e sua capacidade de traduzir e entender o mundo. Do mesmo modo, um modelo não é uma impressão direta da realidade e, menos ainda, uma descrição exímia, mas sim, uma ferramenta para explicar o real de uma maneira abstrata e irreal. Mortimer (1994, p.86) considera que a visão substancialista caracteriza-se por atribuir ao modelo aspectos peculiares da substância, conferindo propriedades macroscópicas às partículas. Já a concepção realista, é um obstáculo de natureza epistemológica, uma vez que se relaciona à ausência de uma visão apropriada de modelo, considerando-o como sendo a própria realidade descrita simbolicamente.

Abordar o tema atomismo e modelos atômicos em sala de aula implica trabalhar o significado que foi e ainda é incerto, em um âmbito hipotético de forma única e exclusiva. É trabalhoso lidar com um conceito assim e, não obstante, na história houve resistência nas proposições do que era o átomo, sendo todo o conhecimento construído originado apenas da interpretação de fenômenos (Romanelli, 1992, p. 45).

Mortimer (1994, p. 88) afirma que:

O conceito de átomo não tem uma área em seu perfil correspondente a esse conceito empírico, e as dificuldades iniciais para a aceitação do atomismo, durante o século XIX, se relacionavam à falta de provas empíricas para sua existência. Isso levou a que vários cientistas da época se mostrassem céticos em relação à utilidade da hipótese atômica, sendo que muitos deles exerceram forte oposição à idéia. Faraday, por exemplo, cujos trabalhos empíricos deram contribuições importantes ao desenvolvimento posterior do atomismo, tinha sérias reservas em relação à hipótese atômica, baseada justamente em evidências empíricas.

A referência acima ilustra como a dificuldade de aceitar a hipótese atômica está ligada ao fato de que os modelos são frutos obtidos a partir das propriedades físicas estudadas e observadas, não pela visualização direta do átomo. Assim, o ensino de modelos e das hipóteses atômicas não pode ser tratado como verdade absoluta, nem no estudo da ciência e muito menos no ensino de ciência em sala de aula. Atualmente, o modelo mais aceito para átomo, por Erwin Schrödinger, é capaz de explicar fenômenos nunca questionados em modelos anteriores, ainda assim, possui limitações e possibilidades de questionamento, que podem aplicá-lo a mais cenários ou desbancá-lo com um novo modelo.

Contextualizando, Romanelli (1992) afirma que, ao formular modelos, é definida e obtida, temporariamente, uma versão com maior poder quantitativo para tentar explicar o que seria e como seria o átomo, sempre levando em consideração que são tentativas em busca de compreender a natureza e os fenômenos, em um determinado momento da história. Na Química se fazem modelos atômicos, e com estes se fazem modelos de moléculas, para os quais são propostos diferentes modelos de ligações. Das moléculas, se fazem as reações, para as quais criam-se diferentes propostas de mecanismos, rompimento de ligações existentes e formação novas ligações, dando origem a novas substâncias (Chassot, 1993, p.105).

Conhecendo, então, a complexidade do tema para a própria comunidade científica, é esperado que haja resistência quanto a estes conceitos em sala de aula, que vão desde conhecer o átomo propriamente, até a compreensão da evolução de suas múltiplas teorias. Melo e Neto (2013), ilustram bem as dificuldades de tratar um tema tão essencial para o aprendizado científico e evidenciam que a raiz do problema não se encontra apenas na habilidade de abstração dos alunos. No artigo *“Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química”*, é referenciada uma pesquisa de Melo (2002), onde apenas 18% de todos os professores entrevistados concebiam o átomo como uma criação científica, mesmo graduados ou até pós-graduados. Ademais, muitos professores ao menos questionam o que “ensinam”, se ancorando apenas aos livros didáticos (LD) e a forma tradicional de dar aula.

Chaves, Santos e Carneiro (2014) aprofundam-se mais no tema e discutem os impactos que a forma como a ciência e sua história são retratadas nos LD, afirmando serem insuficiente para a compreensão plena do que realmente motivou as descobertas. Por mais que a história atomista seja o que a maioria dos LD trazem quando trata-se de história da ciência, ainda é contada em eventos separados, sem motivação ou conexão com o acontecimentos anteriores, dificultando a percepção do dinamismo e abstração da ciência.

[...] Pereira e Silva (2008) defendem que uma decorrência que pode ser esperada do uso fragmentado da História da Ciência nos livros didáticos é que os alunos não superem visões distorcidas sobre ciência e assim, “continuem a percebê-la como trabalho de agentes isolados, e obra de gênios” (p. 11). (Echeverria; Mello; Gauche, p. 251)

Contudo, mesmo que esse tópico mereça um olhar cuidadoso, ainda é possível contornar o problema a partir da consciência e intenção do professor de contextualizar e

relacionar o que acredita-se existir no mundo submicroscópico com o que há no mundo macroscópico cotidianamente. Porém, como pontuado anteriormente, o uso dos LD na educação superou o seu propósito inicial de ser um material de apoio, passando a ser o modelo-padrão, como afirmam Echeverria, Mello e Gauche (2019):

O livro didático não funciona em sala de aula como um instrumento auxiliar para conduzir o processo de ensino [...], mas como o modelo-padrão, a autoridade absoluta, o critério último de verdade. Neste sentido, os livros parecem estar modelando os professores. O conteúdo ideológico do livro é absorvido pelo professor e repassado ao aluno de forma acrítica e não distanciada (Echeverria; Mello; Gauche, p. 243)

Todavia, não se pode ignorar o que e como os alunos têm internalizado a teoria atômica, necessitando de um cuidado minucioso ao fazer analogias - comumente usadas em LDs, provas e representações - e compreender que os estudantes não possuem um conhecimento prévio que lhes permita a abstração e aceitação imediata dos modelos, demandando a construção de caminhos mais simples que evoluirão a uma compreensão mais avançada e abstrata. Muitos partem de uma idéia substancialista do átomo, o entendendo como algo físico que se comporta tal qual o mundo macro, a exemplo da dilatação e compressão de gases, assimilada como uma mudança na própria partícula ao invés de uma mudança entre as partículas (Mortimer, 1995). Uma ideia equivocada, além de dificultar a aprendizagem, distancia o aluno da capacidade de enxergar os modelos em seu cotidiano e determinar aquele que seja mais apropriado para a situação (Melo e Neto, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

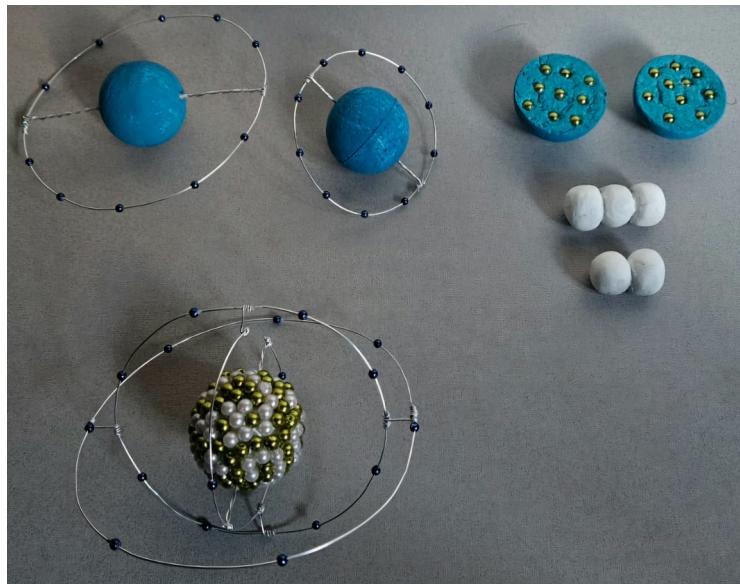
A aula foi ministrada quatro vezes, para duas turmas de 1º ano e duas de 2º ano, do curso de Eventos do Instituto Federal de Brasília (IFB), que apesar de terem obtido resultados similares, apresentaram dificuldades e questionamentos bem distintos, tornando cada aula completamente diferente. Em todas as turmas foram obtidas respostas muito positivas às dinâmicas, especialmente ao tubo de Geissler e à caixa preta, que promoveram a participação de todos os alunos e iniciaram discussões e questionamentos a respeito do tema, inclusive sobre a compreensão da ciência como representação da realidade e não uma cópia fiel dela. Os modelos em maquete também foram alvo da curiosidade de muitos, auxiliando

principalmente os alunos com necessidades especiais a visualizarem a composição de cada modelo, podendo tocar e interagir com os mesmos.

Nas turmas de 1º ano, comumente maiores no IFB, o maior desafio era evitar conversas paralelas e manter a participação sem comprometer o tempo de aula, já que em muitos momentos de discussão e contextualização, a conversa se estendia significativamente, deixando muitos alunos curiosos tirando dúvidas com os bolsistas após as aulas. Apesar do pouco tempo e do desejo de desenvolver ainda mais o conteúdo com os alunos, ainda foi possível observar um forte engajamento e concretização de novas ideias pelos alunos, que em sua maioria se saíram bem nas avaliações.

Já nas turmas de 2º ano, houveram reações bem diferentes de uma para a outra, ressaltando a necessidade de adaptação de uma mesma aula para diferentes contextos e pessoas. Na primeira turma, o desenvolvimento foi mais rápido e permitiu a aplicação de exercícios ao final da aula, algo que não ocorreu com as demais, além de sobrar bastante tempo para tirarem dúvidas e trazer ideias para serem discutidas, o que favoreceu a participação dos estudantes. Porém, na segunda e última turma para a qual foi ministrada essa aula, nem mesmo as dinâmicas despertaram tanto interesse, e o atraso no início do horário acabou comprometendo o andamento da aula. Os alunos, mesmo sendo poucos, reservavam a interação para algumas dinâmicas, precisando de certa insistência para participarem em outros momentos, ainda que tenham elogiado a aula posteriormente.

Figura 1: Modelos atômicos em 3D



Para a confecção dos modelos foram usadas miçangas, arames, bolas de isopor, biscuit e tinta. Na parte superior, encontra-se o modelo de Rutherford em duas formas distintas, representando a aproximação dos elétrons do núcleo, e ao lado, os modelos de Thomson e Dalton. Abaixo está o modelo de Bohr, feito de modo



que as órbitas possam ficar lineares, como o modelo saturniano, ou tridimensionais como na imagem.

Fonte: Marina Costa, bolsista e ministrante da aula de modelos atômicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, o trabalho reafirma a importância de práticas pedagógicas que estimulem a reflexão e a autonomia intelectual, permitindo aos estudantes compreenderem não apenas os conceitos químicos, mas também o próprio modo de funcionamento da ciência. Ao unir aspectos históricos, conceituais e experimentais, a proposta contribui para um ensino mais contextualizado e formativo, capaz de despertar o interesse e o protagonismo dos alunos na construção do conhecimento científico.

Não obstante, como parte do PIBID e da formação de professores, é necessário avaliar novas possibilidades para o contexto da sala de aula, buscando novas estratégias e materiais didáticos a serem apresentados aos alunos. No caso de modelos atômicos, existem diversas formas de observarmos o fenômeno e discuti-lo dentro do cotidiano dos alunos, podendo-se utilizar de simuladores de átomos na *Internet*, representações dos experimentos realizados pelos cientistas em escala macro e contextualização através de vivências comuns, como a permeabilidade e o modelo de Dalton em potes machados de molho de tomate.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a professora supervisora do PIBID, Sharon Schlup, por nos conceder o espaço, incentivo e mentoria, tornando os primeiros passos dentro da docência uma experiência de muito aprendizado e autoconhecimento. Aos alunos que tanto nos questionam e desafiam a pensar “fora da caixa”, acreditem no seu potencial e saibam que aprendemos mais com vocês do que imaginam. Agradecemos também ao PIBID e a CAPES por nos conceder a bolsa e uma vivência dentro de sala que jamais seria possível sem o programa, agregando significativamente em nossa formação docente e no futuro da nossa profissão. Por fim, agradecemos ao IFB por tornar essa pesquisa possível, concedendo seu espaço e insumos.



REFERÊNCIAS

BASSALO, José Maria Filardo. **A Crônica da Física do Estado Sólido: I. Do Tubo de Geissler às Válvulas a Vácuo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 15, nºs 1-4, p. 127-143, 1993.

CHASSOT, A. **Catalisando transformações na educação.** Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1993. p. 104-105.

CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da ciência no estudo de modelos atômicos em livros didáticos de química e concepção da ciência. **Química Nova na Escola.** v. 36, n. 4, p. 69-279, nov. 2014. Disponível em: https://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc36_4/05-HQ-176-12.pdf. Acesso em: 15 out. 2025.

COLINVAUX, D. **Modelos e educação em Ciências**, Rio de Janeiro: Ravil, 1998. p. 09.

DUTRA, A. A. O Ensino De Modelos Atômicos Por Meio De Metodologias Ativas. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

ECHEVERRIA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. *PNLEM 2007: Marco histórico na Avaliação de Livros Didáticos de Química no Brasil.* In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L. (Org.). **Ensino de Química em Foco.** 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2019. cap. 12, p. 237-254.

MELO, M. R.; NETO E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, maio 2013. Disponível em: https://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf. Acesso em: 15 out. 2025.



MORTIMER, E. F. Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais. 1994. 281 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MORTIMER, E.F. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 1, n.1, p. 23-26, maio 1995. Disponível em: <https://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc01/aluno.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.

ROMANELLI, L. I. Concepções do professor sobre o seu papel mediador na construção do conhecimento do conceito átomo. 1992. 272 p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.