COMPARANDO O CONTEÚDO DE MODELOS ATÔMICOS EM LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018 E 2021

COMPARING THE CONTENT OF ATOMIC MODELS IN TEXTBOOKS FROM THE PNLD 2018 AND 2021

Amanda Faleiro
ORCID 0009-0002-1673-1839
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Licenciatura em Química
Curitiba, Brasil
amandafaleiro@alunos.utfpr.edu.br

Anike A. Arnaud
ORCID 0000-0001-9045-7319
Universidade Estadual de Santa Cruz
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ilhéus, Brasil
aaarnaud@uesc.br

Resumo. A compreensão dos modelos atômicos é fundamental para o ensino e aprendizagem da Química, pois fornece aos estudantes uma base para entender a estrutura da matéria e suas interações. Nesse sentido, consideramos importante que os livros didáticos incorporem esse conteúdo de forma que auxiliem no processo de ensino e de aprendizagem, contemplando aspectos essenciais como as ideias prévias dos estudantes e sugestões de avaliação do aprendizado. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar os livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático de 2018 e 2021, especificamente o conteúdo de modelos atômicos, por meio da Análise de Conteúdo Temática Categorial respaldando-se nos critérios de avaliação de livros didáticos do projeto 2061. A análise realizada nos livros didáticos de Química e de Ciências da Natureza destacou diferenças significativas, por exemplo, os livros de 2021 reduzem conteúdos e contemplam menos aspectos considerados essenciais para que o livro forneça suporte para o ensino e aprendizagem de modelos atômicos.

Palavras-chave: Química; Ciências da Natureza; AAAS; PNLD.

Abstract. The understanding of atomic models is fundamental to the teaching and learning of Chemistry, as it provides students with a foundation to comprehend the structure of matter and its interactions. In this context, we consider it important for textbooks to incorporate this content in a way that supports the teaching and learning process, addressing essential aspects such as students' prior ideas and suggestions for learning assessment. Thus, the objective of this study is to analyze textbooks approved by the National Textbook Program of 2018 and 2021, specifically the content on Atomic Models, through Thematic Categorical Analysis, based on the evaluation criteria of the 2061 project. The analysis conducted on Chemistry and Natural Science textbooks highlighted significant differences; for example, the 2021 textbooks reduce content and cover fewer aspects considered essential for the textbook to effectively support the teaching and learning of atomic models.

Keywords: Chemistry; Natural Sciences; AAAS; PNLD.

1. INTRODUÇÃO

A compreensão dos modelos atômicos é fundamental para o ensino e aprendizagem da Química, pois fornece aos estudantes uma base para entender a estrutura da matéria e suas interações. Silva (2013) destaca que no estudo da Química é importante que os estudantes adquiram a capacidade de interpretar os fatos e fenômenos do cotidiano à luz da teoria científica. Para isso, é necessário compreender o conceito de átomo, o que exige um certo nível de abstração e não é uma tarefa fácil para os alunos do Ensino Médio.

A compreensão da estrutura da matéria, essencial para a continuidade dos estudos em Química, implica na transição entre os diferentes níveis de representação: macroscópico, microscópico e simbólico. Dentre as dificuldades relacionadas ao ensino de modelos atômicos, ressalta-se a difícil abstração e assimilação por parte dos alunos, uma vez que o estudo sobre o átomo envolve o nível microscópico, ou seja, o átomo é algo que não se pode tocar, nem

visualizar diretamente (Johnstone, 2000; Camargo, Simas & Oliveira, 2018). Para superar essas dificuldades, existem vários recursos didáticos, tais como analogias, diagramas, equações, figuras, gráficos, modelos e simulações, que estão ligados à pesquisa sobre a aprendizagem e o ensino de Ciências (Treagust, 2008; Santos, 2023).

De acordo com a pesquisa realizada por Melo (2002) com professores, uma minoria deles, representando apenas 18%, concebia o átomo como uma construção científica. Essa constatação incluía até mesmo professores mestrandos de uma universidade pública em São Paulo. Na concepção de alunos, segundo Maskill e Jesus (1997), em uma pesquisa realizada com alunos do ensino secundário em escolas da região de Aveiro, Portugal, foi observado que os estudantes enfrentam dificuldades ao estudar modelos atômicos, especialmente na habilidade de estabelecer relações entre o modelo atômico, o molecular e o comportamento da matéria. Em outras palavras, os alunos têm dificuldade em utilizar um modelo conceitual e abstrato para compreender fenômenos macroscópicos. Isso pode ocorrer, em parte, pela falta de ênfase na relação entre modelos e fenômenos nos livros didáticos utilizados no Ensino Médio.

Almeida (2019) destaca que o livro didático (LD) frequentemente é o único recurso instrucional disponível para professores e alunos, conferindo-lhe uma grande responsabilidade no processo de ensino e aprendizagem. A qualidade dos conteúdos dos livros didáticos é essencial, como ressalta Silva (2012), dada sua influência na formação dos professores. O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) busca garantir que o livro vá além de um material expositivo, que atenda às diretrizes pedagógicas brasileiras, sendo avaliado por uma equipe de pareceristas.

Dado esse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar os livros didáticos aprovados no PNLD 2018 e PNLD 2021, especificamente o conteúdo de Química “Modelos Atômicos”. Para isso, utiliza-se a metodologia de Análise de Conteúdo respaldando-se nos critérios de avaliação de livros didáticos do projeto 2061.

1.1 Evolução histórica dos modelos atômicos

O conceito de átomo pode ser observado implícita ou explicitamente em vários tópicos das grandes áreas da Química. A ideia da existência de partículas indivisíveis é antiga e remonta aos primórdios associados ao filósofo atomista Demócrito (460 a.C. - 370 a.C.). Sua proposta sobre a natureza da matéria, agora mais amplamente compreendida, foi uma resposta ao problema do movimento, que era relevante em sua época: em termos gerais, o que é a mudança e como ocorre? (Marchesi, 2023).

No período de Dalton, foram propostas importantes leis quantitativas relacionadas à composição elementar das substâncias, como a lei das pressões parciais, do próprio John Dalton, a lei das proporções definidas de Louis Proust e a lei da conservação de massa de Antoine Lavoisier. Com base nessas leis, e em experimentos próprios e de outros cientistas, Dalton propôs seu modelo atômico. John Dalton percebeu os átomos como partículas esféricas, maciças e indivisíveis, ou seja, estruturas compactas sem espaços vazios ou componentes menores. Para ilustrar essa ideia, pode-se comparar os átomos a bolas de bilhar, que também são esferas sólidas e indivisíveis. Esse modelo postulava que cada elemento químico era formado por átomos, todos idênticos entre si no mesmo elemento, mas diferentes em tamanho, massa e propriedades químicas quando comparados com átomos de outros elementos (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016; Teixeira & Santos, 2020).

No início do século XX, discutia-se entre os cientistas que os átomos eram compostos por elétrons e que eram eletricamente neutros, o que levou Thomson a propor um novo modelo atômico em 1904. Esse modelo, sugeria uma esfera carregada positivamente na qual os elétrons estavam integrados. Existe uma analogia entre pudim de passas e o modelo de Thomson, devido à similaridade identificada da distribuição de partículas de cargas negativas,

denominadas elétrons, na esfera positiva e das passas na massa do pudim. Contudo, Thomson não concebia as partículas dos raios catódicos como elétrons, chamando-as de corpúsculos e afirmando serem vórtices no éter. Seu modelo propôs que a carga positiva estava distribuída uniformemente, mas essa visão falhou em representar corretamente a estrutura atômica, levando à imagem incorreta de que os elétrons estavam estáticos e dispostos aleatoriamente (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016; Teixeira & Santos, 2020).

O modelo de Thomson, apesar de aceito inicialmente, foi substituído devido aos experimentos de Hans Geiger em 1910, que estudaram o espalhamento de partículas alfa em uma folha de ouro. Ernest Rutherford, interpretando esses resultados em 1911, concluiu que a carga positiva do átomo estava concentrada em um pequeno núcleo central, ao redor do qual os elétrons orbitavam. Este modelo propôs que o núcleo possuía praticamente toda a massa do átomo, enquanto os elétrons ocupavam uma região vazia ao redor (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016).

Embora revolucionário, o modelo de Rutherford não atraiu muita atenção devido à falta de explicações sobre a estabilidade mecânica dos átomos. Era admitido que os elétrons orbitavam o núcleo em trajetórias circulares ou elípticas, semelhante ao sistema planetário, o que implicava na emissão contínua de espectros eletromagnéticos, contrariamente às emissões discretas observadas experimentalmente no hidrogênio (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016).

Niels Bohr, ciente dos resultados espectroscópicos do átomo de hidrogênio, da instabilidade do modelo de Rutherford e do desenvolvimento da física quântica por Max Planck, aprimorou o modelo nuclear existente e propôs, em 1913, um modelo atômico baseado em quatro postulados. Ele sugeriu que os elétrons ocupavam órbitas circulares quantizadas ao redor do núcleo, com a energia do átomo sendo quantizada. As emissões e absorções de radiação ocorriam quando os elétrons transitavam entre essas órbitas, com a energia do fóton envolvido igual à diferença entre as energias das órbitas, conforme a equação de Planck. Dessa forma, Bohr conseguiu explicar com precisão as linhas do espectro de hidrogênio (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016).

Apesar das contribuições de Bohr, incluindo a consideração de órbitas elípticas exploradas por Arnold Sommerfeld para explicar a estrutura fina das linhas espectrais do hidrogênio, os modelos de Bohr e Sommerfeld apresentavam inconsistências. Críticas foram feitas à instabilidade mecânica do sistema, à inaplicabilidade a sistemas não periódicos ou átomos com mais elétrons, e ao conceito de salto quântico introduzido por Bohr. Sommerfeld utilizou quantização e mecânica relativística para ajustar o modelo, introduzindo números quânticos principais e azimutais, explicando com sucesso a estrutura fina do espectro, mas os modelos ainda não eram completamente satisfatórios (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016).

Ainda que o desenvolvimento teórico feito por Werner Heisenberg e Max Born sobre as órbitas dos elétrons em 1925, foi apenas em 1926 que Erwin Schrödinger apresentou um novo modelo que solucionou os inconvenientes anteriores e foi mais aceito pela comunidade científica. Schrödinger introduziu a mecânica ondulatória, descrevendo as propriedades de um sistema físico por uma função de onda com caráter periódico intrínseco, permitindo a quantização de energia para qualquer sistema. Max Born, no mesmo ano, interpretou o quadrado do módulo da função de onda como a densidade de probabilidade da presença das partículas no espaço, solucionando o problema do salto quântico ao eliminar a restrição de posição definida para o elétron (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016).

O modelo de Schrödinger descreve o átomo de hidrogênio como um núcleo positivo com o elétron distribuído radialmente ao redor, visualizado como uma nuvem esférica com maior densidade nas regiões de maior probabilidade de encontrar o elétron. Esse modelo não apenas corroborou os resultados anteriores, como também foi capaz de descrever átomos com mais de um elétron e considerar a existência de ligações químicas para a formação de moléculas. Este modelo é atualmente admitido devido às suas previsões validadas por diversos experimentos e

sua vasta aplicação em cálculos de níveis de energia moleculares e previsões espectroscópicas (Marchesi, 2023; Brown et al., 2016).

Apesar de esses serem os modelos cientificamente aceitos e mais elaborados sobre a estrutura atômica, no ensino de Química na educação básica é comum que se explique apenas até o modelo de Bohr. Isso ocorre porque no currículo de Química do Ensino Médio, recomenda-se abordar modelos mais simplificados e históricos para facilitar o entendimento dos estudantes (Brasil, 1999). Por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio mencionam

> Entretanto, um entendimento amplo da transformação química envolve também a busca de explicações para os fatos estudados, recorrendo-se a interpretações conforme modelos explicativos microscópicos. Nessa fase inicial, não se pode pretender esgotar tal assunto, procurando-se apresentar as idéias menos complexas acerca da estrutura atômica e ligação química e que são suficientes para dar conta dos fatos macroscópicos que se quer explicar (Brasil, 1999, p. 33, sic).

Dessa forma, reforça-se o estudo dos modelos atômicos até o modelo de Bohr, enfatizando a compreensão das principais ideias e a evolução histórica do conceito de átomo, sem avançar para modelos mais complexos como os de Schrödinger ou Heisenberg. Essa abordagem visa proporcionar uma base acessível para todos os alunos, preparando-os para estudos mais avançados no ensino superior, onde os modelos quânticos são discutidos em maior profundidade, o que é observado nos principais livros didáticos brasileiros.

1.2 O livro Didático

De acordo com Silva (2012), desde a antiguidade, quando Platão propôs a criação de uma coleção de livros contendo o melhor de sua época, o livro didático tem sido uma constante nas instituições formais de ensino. No Brasil, a história dos livros didáticos remonta ao período imperial, com o Colégio Pedro II, fundado no Rio de Janeiro na década de 1830, inspirado no liberalismo francês. Esse colégio, destinado à elite econômica, utilizava manuais didáticos franceses ou traduzidos, uma vez que a imprensa brasileira, estabelecida por D. João VI em 1808, ainda não tinha condições adequadas para a produção de textos didáticos (Bittencourt, 2004).

A partir de 1937, o Brasil tem investido na produção de livros didáticos, começando com a criação do Instituto Nacional do Livro, vinculado ao então Ministério de Educação e Cultura (atualmente Ministério da Educação - MEC). Este instituto era responsável pela organização, publicação, edição de obras e importação de livros para apoiar as bibliotecas públicas. Em 1966, foi criada a Comissão do Livro Técnico e do Livro Didático, que, além dessas funções, também distribuía livros didáticos para as escolas. Desde 1985, existe o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), que em 2017 foi renomeado para Plano Nacional do Livro e Material Didático (Lima, 2020).

A questão do livro didático é regulamentada legalmente por um mecanismo jurídico, especificamente o decreto 91 54/85. Este decreto implementou o PNLD e estabeleceu, em seu artigo 2º, a avaliação desses livros. Mais recentemente, a Resolução CD/FNDE nº 603, de 21 de fevereiro de 2001, tornou-se o mecanismo que organiza e regula o Plano Nacional sobre o Livro Didático (Nunêz et al., 2003).

Cabe ressaltar que a política do livro didático no Brasil é influenciada pela política curricular vigente. Por exemplo, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é uma política nacional curricular que "[...] constitui-se enquanto um documento normativo que seleciona e organiza os conhecimentos a serem ensinados ao longo dos níveis e modalidades da Educação

básica no Brasil" (Brasil, 2018, p. 7). Na BNCC (Brasil, 2018), a área "Ciências da natureza e suas tecnologias" é apresentada como um aprofundamento do que foi ensinado no ensino fundamental, havendo uma junção das disciplinas de Química, Física e Biologia na composição da área. Essa mudança foi refletida no PNLD, onde as obras de componentes curriculares agora são dispostas em uma única coleção (Leal, 2021).

No PNLD 2018, o processo de avaliação e seleção dos Livros Didáticos (LDs) foi conduzido por uma equipe composta por professores e/ou pesquisadores de instituições brasileiras, que selecionaram livros por disciplinas. Dessa forma, havia um livro para cada ano do Ensino Médio, totalizando três livros de Química para essa etapa da educação básica. No PNLD 2021, as diretrizes são comuns a todas as áreas do conhecimento, sendo que os LDs aprovados passaram por uma reorganização, resultando na ausência de uma ordem específica de conteúdos e disciplinas. Como consequência, o livro de Física, Química e Biologia deixou de existir (Bastos et al., 2022).

Nesse sentido, o edital do PNLD 2021 estabelece condições quanto ao número de volumes e páginas para as obras didáticas destinadas ao Ensino Médio na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT): 6 volumes (em média dois para cada ano), divididos em unidades temáticas. A concentração das áreas de conhecimento em um único volume pode resultar em um "embaralhamento" de conteúdos, caso não haja uma organização didático-pedagógica adequada para sustentar a ideia de unidades temáticas. Isso ocorre para atender à quantidade de objetos de conhecimento exigidos pela BNCC, que inclui as ciências da natureza nos 6 volumes (Bastos et al., 2022; Porto, 2021).

Dada a importância desse recurso didático no contexto da educação básica, diferentes autores analisaram a apresentação do conteúdo de modelos atômicos nos LDs de 2018 e 2021, a partir de diferentes vieses.

Bastos, Gonçalves e Neto (2022) buscaram identificar as características necessárias para que um livro seja considerado um material didático associado ao ensino de Física de Partículas Elementares (FPE) para estudantes do Ensino Médio. Para isso, os objetos de conhecimento relacionados à FPE foram analisados nos livros com base em um conjunto de perguntas dicotômicas. Os autores observaram que, de modo geral, o percentual de respostas afirmativas a essas perguntas apresentou valores inferiores no PNLD 2021 aos observados no contexto do PNLD 2018. Para os autores essa redução pode estar relacionada às mudanças promovidas pela BNCC, que possivelmente demandaram a revisão dos objetivos de aprendizagem relacionados à Física do Modelo Padrão. Ademais, os autores concluíram que o LD não pode assumir, de forma isolada, o papel de material instrucional principal para o ensino da FPE ou do Modelo Padrão. Essa limitação decorre da escolha do LD por parte das escolas ou professores, uma vez que alguns livros não abordam (ou o fazem de forma pouco explícita) conceitos da FPE, bem como da experiência ou do interesse do professor pelo tema Bastos; Gonçalves & Neto, 2022).

No trabalho de Santos, Coutinho e Toledo (2020) ao fazer uma análise sobre como os conceitos de Química Quântica eram abordados nos livros de química aprovados pelo PNLD 2018, os autores notaram que a maioria aborda o conteúdo apenas no primeiro ano do ensino médio e promovem um estudo por meio da "memorização de conceitos" (Santos, Coutinho & Toledo, 2020, p. 8).

Dias, Soares e Toledo (2024) realizaram uma análise para verificar se a apresentação do modelo atômico de Thomson nos livros de Química do PNLD 2018, nos materiais de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do PNLD 2021, e em livros utilizados no ensino superior é coerente com a proposta original do cientista. Os autores concluíram que, ao comparar o modelo atômico original de Thomson com as representações apresentadas nos livros didáticos analisados, foram identificados, de maneira geral, equívocos ou omissões. Esses equívocos, ocorrem, segundo os autores em

> relação à massa do átomo, à disposição dos elétrons, à explicitação das limitações da analogia e pela omissão de que o modelo de Thomson (com elétrons alocados em anéis concêntricos) decorre de um caso especial, a suposição de que todos os elétrons estão confinados em um plano que passa pelo centro do átomo (Dias, Soares & Toledo, 2024, p. 9)

Sob as lentes da história e filosofia da ciência, o estudo de Bignardi e Giblin (2021) focalizaram os livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2018, enquanto os estudos de Sewaybricker (2022) e Santos (2023) focalizaram especificamente o LD do PNLD 2021 do conteúdo de modelos atômicos. Bignardi e Giblin (2021) analisaram como os LDs abordam biografias de cientistas, descrição e representação de experimentos, aspectos coletivos da ciência, contexto histórico e a abordagem de revoluções científicas. Os autores observaram que o conteúdo é tratado de forma superficial e que há um predomínio de uma visão linear e individualista da construção do conhecimento científico, ou seja, as atividades científicas são descritas como um trabalho individual. “Nos livros didáticos não foram trabalhos os aspectos coletivos da Ciência, por exemplo, não foram abordados como sociedades científicas, eventos científicos e também os grupos de pesquisa" (Bignardi & Gibin, 2021, p. 17).

Para Sewaybricker (2022) a análise aponta para uma abordagem linear e acumulativa da ciência, na qual os quatro livros analisados apresentam o tema seguindo uma estrutura amplamente criticada, que inicia o desenvolvimento atômico na Grécia Antiga e o conduz até o modelo de Bohr. Além disso, de maneira geral, “as informações sobre os cientistas se resumem aos dados bibliográficos, não explorando um ponto de vista mais humano que envolva os nomes citados” (Sewaybricker, p. 65, 2022).

No estudo de Santos (2023) constatou “lacunas significativas no conteúdo histórico apresentado” (p. 81), e que os LDs analisados omitiram problemas relevantes que Dalton enfrentou durante a construção de seu modelo atômico. Além disso, a autora observa que todos os livros analisados se limitaram a mencionar as ideias científicas de Dalton, sem detalhá-las, e reforçaram a concepção de que o progresso científico ocorre de forma acumulativa. Nessa perspectiva “as informações históricas encontradas nos livros didáticos analisados pouco contribuem para auxiliar na construção de conceitos pelos estudantes” (Santos, p. 81, 2023).

O trabalho de Aldi e Belluco (2024) teve como proposta analisar qualitativamente como o modelo de Thomson é apresentado nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2021, com base na epistemologia histórica. A análise aponta que, embora os livros tenham deixado a analogia do *pudim de passas*, o modelo é tratado de forma superficial e ainda continua sendo descrita de modo que leve ao mesmo erro:

> o átomo seria como uma esfera positivamente carregada em cuja extensão se distribuem elétrons, representados também como esferas menores, com carga negativa. Tal modelo consiste em uma versão bastante simplificada daquela encontrada nos trabalhos de Thomson, nos quais reconhecemos não só a presença de elétrons em uma massa uniforme e positiva, mas também a organização interna no átomo, com a disposição em anéis concêntricos (Aldi & Belluco, 2024, p. 14).

Este trabalho se insere, portanto, nesse contexto de mudanças na política nacional do livro didático, buscando realizar uma comparação entre o conteúdo presente nos LD de Química de 2018 e de CNT em 2021, especificamente acerca do conteúdo de Modelos Atômicos. Essa análise faz-se necessária para compreensão das mudanças estabelecidas no material, buscando orientar professores da educação com relação aos limites do LD. Para isso, utiliza-se os critérios do instrumento de avaliação de LD proposto pelo Projeto 2061, que será abordado na sequência.

1.3 Projeto 2061

O Projeto 2061, implementado nos Estados Unidos, tem como objetivo pesquisar e desenvolver iniciativas para aprimorar a educação científica no país, envolvendo políticos, pesquisadores, professores e recursos didáticos. O projeto tem a meta de garantir que todos os cidadãos norte-americanos estejam alfabetizados em ciência, tecnologia e matemática até o ano de 2061 (ano em que será possível observar novamente a passagem do cometa Halley) (AAAS, 1985). Para alcançar esse objetivo, o projeto adota diversas iniciativas, sendo uma delas a ferramenta "Livros didáticos de ciências de nível médio: uma avaliação baseada em pontos de referência"[1] . Essa ferramenta, desenvolvida por especialistas, é utilizada para avaliar se os livros didáticos mais comuns nos Estados Unidos ajudam os estudantes a compreenderem ideias científicas, além de identificar seus pontos fortes e fracos.

O método empregado na avaliação passa por um processo de validação (Kulm & Grier, 1998) e envolve seis fases principais. Na primeira fase, pesquisadores e professores experientes, que passaram por treinamentos específicos, são convidados a seguir criteriosamente os padrões de avaliação. Nas fases subsequentes, esses profissionais avaliam se as coleções didáticas mais utilizadas no ensino médio são eficazes para alcançar os objetivos de aprendizagem ou pontos de referência. A equipe de avaliação verifica se o conteúdo dos materiais atende a esses pontos de referência e classifica-os. Cada avaliação de livro resulta em um relatório específico, que é posteriormente divulgado na página do projeto[2].

O procedimento de avaliação consiste em verificar se os livros contêm sete aspectos específicos do processo educacional, considerados essenciais no ensino e aprendizagem de conceitos científicos e matemáticos. Esses aspectos incluem:

> I. Identificando e mantendo um propósito, II. Levando em consideração as ideias dos estudantes, III. Envolvendo os estudantes com fenômenos relevantes, IV. Desenvolvendo e usando ideias científicas, V. Promovendo o pensamento dos estudantes sobre conhecimentos, fenômenos e experiências, VI. Avaliando o progresso e VII. Melhorando o ambiente de aprendizagem da ciência (Kulm, Roseman & Treistman, 1999, p. 5).

No primeiro aspecto, denominado “Identificação e Manutenção de um Propósito”, o processo de avaliação verifica se o material didático busca tornar os objetivos de aprendizagem claros e relevantes para os alunos, seja por meio do texto introdutório de um conteúdo específico ou por meio de orientações ao professor. O segundo aspecto, “Considerando as Ideias dos Estudantes”, examina se os livros fornecem orientações específicas para identificar e tratar as ideias científicas mais comuns, conhecidas como ideias-chave, e até que ponto o livro considera as concepções prévias e/ou alternativas dos alunos.

O terceiro aspecto, “Envolvendo os Alunos com Fenômenos Relevantes”, determina se o material didático relaciona essas ideias comuns a uma variedade de fenômenos pertinentes e se a apresentação desses fenômenos proporciona uma experiência prática e compreensível. O quarto aspecto, “Desenvolvendo e Utilizando Ideias Científicas”, consiste em critérios para avaliar se o material apresenta e desenvolve as ideias-chave de maneira acessível, compreensível e prática em diversos contextos para os alunos.

O quinto aspecto, “Promovendo o Pensamento dos Alunos sobre Fenômenos, Experiências e Conhecimento”, verifica se o livro proporciona aos alunos oportunidades para expressar, refletir e reformular suas ideias, além de orientações para desenvolver uma compreensão do que estão experimentando.

[1] Traduzido para o português de “Middle Grades Science Textbooks: A Benchmarks-Based Evaluation”.
[2] A página pode ser acessada em: https://www.aaas.org/programs/project-2061/publications

O sexto aspecto, “Avaliando o Progresso”, analisa se o material didático apresenta uma variedade de instrumentos de avaliação alinhados e que levam em conta os objetivos abordados no material.

O sétimo aspecto “Melhorando o ambiente de aprendizagem da ciência” aborda a necessidade de criar condições e ambientes que favoreçam a aprendizagem eficaz da ciência. Cada um dos sete aspectos é acompanhado por duas a quatro categorias no instrumento de avaliação, que servem para determinar o grau em que o livro considera cada aspecto específico de aprendizagem. O instrumento de avaliação também permite classificar o grau em que o material didático atende a cada aspecto, utilizando indicadores para medir a aderência às categorias. Com base no número de indicadores identificados durante a avaliação, o livro pode receber uma classificação de excelente, satisfatória ou insatisfatória.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com base na Análise de Conteúdo Temática-Categorial. Oliveira (2004) desenvolveu uma sistematização e procedimentos para essa análise que se inicia com a leitura flutuante do texto, permitindo impressões gerais e a definição de hipóteses provisórias. Em seguida, determinam-se as unidades de registro (UR) e marca-se o início e final de cada UR no texto. As UR são associadas a unidades de significação ou temas, que são quantificados para cada trecho a ser analisado. A análise categorial agrupa os temas segundo critérios teóricos ou empíricos, quantificando-os nas colunas apropriadas dos anexos. Os resultados são apresentados em descrições cursivas, tabelas e gráficos, exemplificando as UR significativas. Por fim, a discussão dos resultados reconstrói o objeto de estudo com um olhar teórico específico, explicitando as construções teóricas em termos do objeto analisado.

Na primeira etapa, preparação de informações, foram selecionados os documentos que iriam compor essa pesquisa, no caso, as obras aprovadas nos editais do PNLD 2018 e 2021. Foram utilizados os editais de convocação do PNLD 2018 Portaria nº 62, de 1º de agosto de 2017 e do PNLD 2021 Portaria nº 58, de 7 de abril de 2021. Todas as coleções aprovadas de Química do PNLD 2018 e de Ciências da Natureza do PNLD 2021 foram analisadas. É nesta etapa que também deve-se estabelecer um código que torna possível identificar de forma mais rápida o documento a ser analisado. Nessa pesquisa foram estabelecidos códigos de acordo com o nome mais associável ao livro. Na coleção PNLD 2021, foi acrescentado o número 21 que indica o ano, já que alguns livros repetem os autores do PNLD 2018. As obras selecionadas, assim como seus respectivos códigos, podem ser vistas no quadro 1.

Quadro 1 – Coleções aprovadas do PNLD 2018 e 2021 e seus códigos

	Coleção	**Autores**	**Editora**	**Código**
PNLD 2018	Química - Ciscato, Pereira, Chemello e Protti	Carlos Alberto Mattoso Ciscato, Luís Fernando Pereira, Emiliano Chemello e Patricia Barrientos Protti	Moderna	CP
	Química: ensino médio - Martha Reis	Martha Reis Marques da Fonseca	Ática	MR
	Química	Eduardo Fleury Mortimer, Andrea Horta Machado	Scipione	MM
	Química Cidadã	Wildson Luiz Pereira dos Santos (coord.), Gerson de Souza Mól (coord.), Siland Meiry França Dib, Roseli Takako Matsunaga, Sandra Maria de Oliveira Santos, Eliane Nilvana F. de Castro, Gentil de Souza Silva, Salvia Barbosa Farias	AJS	QC
	Ser Protagonista	Aline Thais Bruni, Ana Luisa Petilho Nery, Rodrigo Marchiori Liegel, Vera Lucia Mitiko Aoki	SM	SP

	Vivá Química	Vera Lucia Duarte de Novais, Murilo Tissoni Antunes	Positivo	VV
PNLD2021	Multiversos: ciências da natureza	Leandro Pereira de Godoy, Rosana Maria Dell' Agnolo, Wolney Candido de Melo	FTD	MT21
	Ser protagonista: ciências da natureza	Ana Fukui, Ana Luiza P. Nery, Elisa Garcia Carvalho, João Batista Aguilar, Rodrigo Marchiori Liegel, Vera Lucia Mitiko Aoki, André Zamboni, Lia Monguilhott Bezerra	SM	SP21
	Conexões: ciências da natureza	Miguel Thompson, Eloci Peres Rios, Walter Spinelli, Hugo Reis, Blaidi Sant'Anna, Vera Lúcia Duarte de Novais, Murilo Tissoni Antunes	Moderna	CO21
	Moderna Plus: ciências da natureza	José Mariano Amabis, Gilberto Rodrigues Martho, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Cesar Martins Penteado, Carlos Magno A. Torres Júlio Soares, Eduardo Leite do Canto, Laura Celloto Canto Leite	Moderna	MP21
	Ciências da natureza: Lopes & Rosso	Sônia Lopes, Sergio Rosso	Moderna	LR21
	Matéria, Energia E vida: Uma abordagem Interdisciplinar	Eduardo Mortimer, Andrea Horta, Alfredo Mateus, Aarjuna Panjera, Esdras Garcia, Marcos Pimenta, Danusa Munford, Luiz Franco, Santer Matos	Scipione	MEV21
	Diálogo	Kelly Cristina dos Santos, Éverton Amigoni Chinellato, Rafael Aguiar da Silva, Marissa Kimura, Ana Carolina N. dos Santos Ferraro, André Luis Delvas Fróes, Marcela Yaemi Ogo, Vanessa S. Michelan	Moderna	DL21

Fonte: organizado pelas autoras com base na portaria nº 62, de 1º de agosto de 2017 e portaria nº 58, de 7 de abril de 2021 da Secretaria de Educação Básica.

A etapa de Unitarização tem como propósito definir a unidade de análise, ou seja, o conteúdo a ser submetido para análise. Para esta pesquisa foram utilizados os capítulos referentes ao conteúdo de modelos atômicos. Cada coleção possui uma quantidade diferente de páginas e conteúdo a ser analisado, levando em consideração os dois editais. As páginas selecionadas do PNLD 2018 se encontram no quadro 2.

Quadro 2 – Seleção do conteúdo a ser analisado dos livros do PNLD 2018

Coleção	**Código**	**Páginas**
		Volume 1
Química - Ciscato, Pereira, Chemello e Protti	CP	82 - 97
Química: ensino médio - Martha Reis	MR	89 - 91 147 - 159
Química	MM	134 - 175
Química Cidadã	QC	141 - 185
Ser Protagonista	SP	76 - 97
Vivá Química	VV	41 - 43 82 - 93

Fonte: organizado pelas autoras (2024)

No PNLD 2021, são sete coleções de livro didáticos, de ciências da natureza do Ensino Médio, cada coleção é composta por seis livros, assim fizeram parte da análise 42 livros, mas só foi encontrado em uma unidade de cada coleção o conteúdo de modelos atômicos, como pode ser visto no quadro 3.

Quadro 3 – Seleção da unidade para a análise dos livros didáticos

Coleção	Código	Páginas	Unidade
Multiversos: ciências da natureza	MT21	60-65	Matéria, energia e vida
Ser protagonista: ciências da natureza	SP21	28-36	Composição e estruturas dos corpos
Conexões: ciências da natureza	CO21	29-31	Matéria e Energia
Moderna Plus: ciências da natureza	MP21	45 48-58	O conhecimento científico
Ciências da natureza: Lopes & Rosso	LR21	21-28	Evolução e universo
Matéria, Energia E vida: Uma abordagem Interdisciplinar	MEV21	42-62	Materiais, Luz e som: modelos e propriedades
Diálogo	DL21	49- 57	O universo da ciência e a ciência do universo

Fonte: organizado pelas autoras (2024)

Vale ressaltar que no manual do professor também foi analisado elementos de suporte/apoio ao conteúdo, além das páginas do conteúdo. Entretanto, para o livro Ser Protagonista do PNLD 2018, não se teve acesso ao manual do professor.

Na etapa de categorização, os dados foram ajustados a partir de algo comum entre eles. Como esta pesquisa se trata de como os modelos atômicos estão dispostos nos PNLD 2018 e 2021, serão utilizados os aspectos do projeto 2061 para identificação de como o livro fornece suporte ao ensino e aprendizagem desse conteúdo.

Conforme explicitado, para fazer esta análise foram utilizadas as categorias de análise do livro didático do projeto 2061. O instrumento de avaliação consiste em determinar se o livro apresenta os setes aspectos, já discutidos. Cada um dos aspectos contém 2 a 4 categorias que buscam identificar o quanto o livro atende ou não aquele aspecto de aprendizagem específico. As categorias são descritas no quadro 4.

Quadro 4 – Categorias de cada aspecto de análise do projeto 2061

Aspectos	Categorias
I. Identificando e mantendo um sentido de propósito	a) Transmitindo o propósito da unidade. O material transmite um sentido geral de propósito e direção que seja compreensível e motivador para os estudantes?
	b) Transmitindo o propósito da atividade. O material transmite o objetivo de cada atividade e estabelece relações com as demais atividades?
	c) Justificando a sequência de atividade. O material inclui uma sequência lógica ou estratégica de atividades?
II. Levando em conta as ideias dos estudantes	d) Atendendo aos conhecimentos e habilidades prévias. O material especifica conhecimentos ou habilidades prévias que são necessários para a aprendizagem dos conteúdos?
	e) Alertando o professor sobre as ideias comuns dos estudantes. O material alerta os professores sobre as ideias mais comuns dos estudantes relacionadas ao conteúdo?
	f) Ajudando o professor a identificar as ideias dos alunos. O material inclui sugestões para os professores identificarem o que seus alunos pensam sobre fenômenos familiares relacionados ao conteúdo antes que as ideias científicas sejam introduzidas?
	g) Abordando ideias comuns. O material aborda explicitamente (para os alunos) ideias comuns relacionadas ao conteúdo?
III. Envolvendo os alunos com fenômenos relevantes	h) Fornecendo variedade de fenômenos. O material fornece fenômenos múltiplos e variados para apoiar a ideia de referência (os objetivos do currículo)?
	i) Fornecendo experiências reais. O material inclui experiências do tipo mão-na-massa com fenômenos (quando experimentais) e proporciona aos alunos um sentido inteligível do fenômeno quando as experiências não podem ser de mão-na-massa?

IV. Desenvolvendo e Usando Ideias Científicas	j) Introduzindo termos de forma significativa. O material introduz termos técnicos apenas em conjunto com a experiência, com as ideias ou processos e apenas conforme necessário para facilitar o pensamento e promover uma comunicação eficaz?
	k) Representando ideias efetivamente. O material inclui representações apropriadas das ideias de referência?
	l) Demonstrando o uso do conhecimento. O material demonstra/modela ou inclui sugestões para professores sobre como demonstrar/modelar habilidades ou o uso do conhecimento?
	m) Fornecendo prática. O material fornece tarefas/perguntas para os alunos praticarem habilidades ou uso do conhecimento em uma variedade de situações?
V. Promovendo o Pensamento dos Estudantes sobre Fenômenos, Experiências e Conhecimento	n) Incentivando os alunos a explicar suas ideias. O material inclui rotineiramente sugestões para que cada aluno possa expressar, esclarecer, justificar e representar suas ideias? São feitas sugestões para quando e como os alunos receberão comentários dos colegas e do professor?
	o) Orientando o raciocínio dos alunos. O material inclui tarefas e/ou sequências de perguntas para orientar a interpretação e o raciocínio dos alunos sobre experiências com fenômenos e leituras?
	p) Incentivando os alunos a pensarem sobre o que aprenderam. O material sugere maneiras para que os alunos verifiquem o seu próprio progresso?
VI. Avaliando o progresso	q) Alinhando-se aos objetivos. Assumindo uma correspondência de conteúdo entre o material curricular e o programa, os itens de avaliação incluídos se relacionam com o programa?
	r) Testando a compreensão. O material avalia a compreensão de ideias do programa e evita permitir aos alunos uma saída trivial, como repetir um termo ou frase memorizada do texto sem entender?
	s) Informando a instrução. Algumas avaliações estão inseridas no currículo ao longo do caminho, com conselhos aos professores sobre como eles podem usar os resultados para escolher ou modificar atividades?
VII. Melhorando o ambiente de aprendizagem da ciência	t) Fornecendo o suporte de conteúdo ao professor. O material promove ajuda aos professores para melhorar suas compreensões da ciência, da matemática e da tecnologia necessárias para o ensino do conteúdo?
	u) Incentivando curiosidades e questionamentos. O material ajuda professores a criar um ambiente de sala de aula que acolhe a curiosidade dos alunos, recompensa a criatividade, encoraja um espírito de questionamento saudável e evita o dogmatismo?
	v) Apoiando todos os alunos. O material ajuda os professores a criarem uma comunidade de sala de aula que encoraja expectativas elevadas para todos os alunos, que permite que todos os estudantes experimentem sucesso e que proporcione a todos os alunos um sentimento de pertencimento na sala de aula de ciências?

Fonte: Arnaud & Fernandez (2024, p. 161–163).

A fase de descrição dos resultados foi enfatizada na formação das unidades de análise dos estudos abordados neste trabalho. Para cada análise, os dados são apresentados em forma de texto conciso, acompanhados de imagens e citações. Na análise realizada, foram utilizados quadros que resumem a presença do conteúdo ao longo dos livros, permitindo identificar como e onde o conteúdo aparece, em quais anos e em quais livros. A análise também incluiu resumos textuais sobre a presença dos modelos nos livros, além de textos e imagens, que foram sintetizados em um quadro interpretativo e depois transformadas em texto.

Na etapa de interpretação foi feita a discussão da análise dos livros, de acordo com os resultados obtidos. As deduções de cada etapa serão consideradas para traçar possíveis implicações desta investigação. A seção seguinte combina as etapas de descrição e interpretação, permitindo uma discussão mais ampla sobre a questão de pesquisa. Na seção de conclusão, a etapa de interpretação é também abordada, proporcionando um resumo da fundamentação teórica, dos dados obtidos e das análises realizadas.

3. APLICANDO O PROJETO 2061

Considerando as novas diretrizes curriculares, notadamente a BNCC, e políticas educacionais que influenciaram a elaboração e a estruturação dos conteúdos nos livros didáticos, o objetivo central da pesquisa é realizar uma análise comparativa entre os conteúdos

presentes nos LD de Química de 2018 e nos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias de 2021. Conforme descrito, a comparação focou especificamente no tratamento do conteúdo sobre Modelos Atômicos, permitindo uma avaliação detalhada das modificações introduzidas nos materiais didáticos ao longo desse período.

Dessa forma, a seguir apresenta-se a utilização do instrumento de avaliação, partindo de cada um dos aspectos e das categorias descritas. Devido os limites desse artigo, optou-se por selecionar trechos e descrições que representam como o aspecto está presente nos livros, buscando-se exemplificar como a análise foi realizada e alguns dos resultados obtidos. Na sequência são estabelecidas possíveis comparações entre esses resultados.

3.1. Identificando e mantendo o sentido de propósito

Os livros, de maneira geral, enfatizam uma apresentação histórica e sequencial dos modelos atômicos, explicando os experimentos que levaram às suas formulações e suas aplicações científicas. Alguns exemplos podem ser citados, como o livro CP (Ciscato et al., 2016) que começa com a pergunta “de que é feita a matéria?”; tal pergunta é usada para a introdução do capítulo e para a introdução dos modelos atômicos: “após a publicação dos postulados de Bohr, estudos sobre a matéria continuaram a ser realizados, o que permite a elaboração de modelos atômicos mais complexos” (Ciscato et al., 2016, p. 96). O livro MR (Reis, 2016), apresenta o modelo de Dalton antes dos demais modelos, dessa forma, não é colocada uma pergunta no início do capítulo para que possa ser resolvido. Para os seguintes modelos é apresentado esse sentido de continuidade, assim como suas atividades.

Os livros do PNLD 2021 não abordam de forma abrangente todos os aspectos necessários, tratando apenas da categoria "a) Transmitindo o propósito da unidade: o material transmite um sentido geral de propósito e direção que seja compreensível e motivador para os estudantes.”. No livro MT21 (Godoy, Dell’Agnolo & Melo, 2020), por exemplo, o conteúdo relacionado aos modelos atômicos é introduzido por meio de uma linha do tempo que descreve a evolução desses modelos. Já no livro SP21 (Fukui et al., 2021), a unidade é iniciada com questões para discussão que buscam transmitir o propósito da unidade, mas apresentam conceitos que os estudantes não viram anteriormente, como: "1. Que modelos atômicos você conhece? 2. Você sabe o que são partículas subatômicas? Cite exemplos. 3. Você sabe o que são Raios-X e suas aplicações?" (Fukui et al., 2020, p. 28).

3.2. Levando em conta as ideias dos estudantes

Em geral, os livros do PNLD 2018 não mencionam explicitamente a consideração das ideias prévias dos estudantes. No entanto, por meio de exercícios práticos, exemplos do cotidiano e atividades experimentais, oferecem oportunidades para os alunos testarem e ajustarem suas próprias ideias.

CP (Ciscato et al., 2016) não menciona explicitamente a consideração das ideias prévias dos estudantes, mas oferece exercícios práticos que podem ajudar os professores a identificarem e trabalharem com essas ideias, assim como MR (Reis, 2016). QC (Santos et al., 2016) foca em questões ambientais e sociais, podendo envolver os estudantes e suas ideias sobre cidadania científica, contudo, não há menção explícita à consideração das ideias prévias dos alunos. A coleção SP (Bruni et al., 2016) acrescenta muitas atividades experimentais que permitem aos estudantes testarem suas próprias ideias e verem os resultados de suas hipóteses, mas não há atividades explícitas para elicitar ideias prévias. VV (Novais & Antunes, 2016) inclui exercícios de revisão e figuras ilustrativas que ajudam a consolidar conhecimentos. Entretanto, não há menção específica à consideração das ideias dos estudantes.

No PNLD 2021, também não há destaque explicitamente sobre a consideração das ideias prévias dos estudantes. Contudo, as ferramentas digitais, quizzes e atividades colaborativas

proporcionam a construção de um ambiente em sala de aula propício para que os alunos explorem e ajustem suas ideias.

MT21 (Godoy, Dell'Agnolo & Melo, 2020) e SP21 (Fukui et al., 2020) adotam uma abordagem interativa e utilizam recursos digitais que podem ajudar a captar e trabalhar com as ideias prévias dos estudantes, mas não mencionam atividades específicas para este propósito. MP21 (Amabis et al., 2020) enfatiza o aprendizado colaborativo e os projetos, que incentivam os estudantes a compartilharem e explorarem suas próprias ideias em grupo. As outras coleções do PNLD 2021, não apresentam nenhuma abordagem ao levar em consideração as ideias dos estudantes.

3.3. Envolvendo os alunos com fenômenos relevantes

A coleção do PNLD 2018 MM (Mortimer & Machado, 2016, p. 317) sugere "trabalhar com algo visual, como uma maquete por exemplo". Em sua maioria, os livros pedem para ser trabalhado o experimento de teste de chama[3] (Mortimer & Machado, 2016; Ciscato, et al. 2016; Santos et al., 2016; Bruni et al., 2016), que exemplifique o conceito de Modelo Atômico de Rutherford. Na coleção SP21 também há a recomendação da utilização do experimento de teste de chamas.

Para tornar o aprendizado mais concreto, a inclusão de fenômenos reais é essencial, tal qual descreve o instrumento proposto pelo Projeto 2061. MT21 (Godoy, Dell'Agnolo & Melo, 2020) utiliza experiências práticas e relaciona questões sociais ao conteúdo, por meio de exemplos como os fogos de artifício e experimentos práticos como o teste de chama. MM (Mortimer & Machado, 2016) também investe na utilização de fenômenos ilustrativos e experimentos práticos, proporcionando aos alunos uma experiência de aprendizado "mão-na-massa" que ajuda a consolidar os conceitos teóricos. Para os demais livros do PNLD 2021, CO21, MP21, MEV21, DL21 não é apresentado fenômenos que possam explicar algum conceito.

3.4. Desenvolvendo e Usando Ideias Científicas

O uso de ideias cientificas é uma característica do PNLD 2018, em todos os livros pode ser observado como os autores explicaram o experimento de Rutherford, por exemplo. Os livros de MR (Reis, 2016) e MM (Mortimer & Machado, 2016) destacam-se pela forma como estruturam o conteúdo e incentivam a reflexão dos estudantes. MR (Reis, 2016) apresenta uma sequência lógica de atividades que exige a compreensão dos capítulos anteriores, garantindo uma construção progressiva do conhecimento. Além disso, o material inclui perguntas que promovem a continuidade do raciocínio dos alunos, integrando conceitos previamente aprendidos. MM (Mortimer & Machado, 2016), por sua vez, valoriza o debate e a reflexão, proporcionando questões ao final de cada modelo atômico que estimulam os alunos a discutirem e aprofundarem suas ideias. Essa abordagem favorece a participação ativa e crítica dos estudantes, permitindo que expressem suas compreensões e questionem o conteúdo abordado.

No PNLD 2021, LR21 (Lopes & Rosso, 2020) introduz termos científicos como:

> Quando um ou mais elétrons saltam para órbitas de maior energia, dizemos que os elétrons (ou o átomo) estão no estado excitado. O estado de menor energia é chamado estado fundamental. O movimento dos elétrons de uma órbita para outra é chamado de transição eletrônica. A energia absorvida ou liberada por um elétron ao mudar de órbita corresponde à diferença entre os

[3] O teste de chama é um método qualitativo para identificar íons metálicos, onde uma amostra é introduzida na chama de um bico de Bunsen. Cada metal emite uma cor característica: sódio (amarelo), potássio (lilás), cálcio (laranja-avermelhado), cobre (verde-azulado), estrôncio (vermelho carmim) e bário (verde-amarelado).

> níveis de energia dessas órbitas. Como existem algumas órbitas possíveis, há somente alguns valores de energia possíveis. Assim, diz-se que essa energia é quantizada (Lopes & Rosso, 2020, p. 25).

Para a categoria "k) Representando ideias efetivamente. O material inclui representações apropriadas das ideias de referência?" Os materiais do PNLD 21 fazem uso de mais imagens que os de 2018 (Santos et al., 2020; Godoy, Dell'Agnolo & Melo, 2020; Fukui et al., 2020; Mortimer et al., 2020), no entanto, o diferencial do PNLD 2018 é que as imagens são sempre são colocadas com um texto de apoio.

3.5. Promovendo o Pensamento dos Estudantes sobre Fenômenos, Experiências e Conhecimento

A promoção do pensamento crítico é uma característica valorizada nos livros analisados. MM (Mortimer & Machado, 2016) inclui no manual do professor discussões detalhadas sobre cada exercício, incentivando a reflexão e o pensamento crítico dos alunos. MR (Reis, 2016) também se destaca ao incluir perguntas que exigem a utilização de conhecimentos prévios, desenvolvendo o raciocínio e a capacidade de análise dos estudantes.

CP (Ciscato et al., 2016) proporciona momentos de debate, mas não se limita a resolver questões já definidas. O livro permite que o conteúdo seja analisado a partir de fenômenos vivenciados pelos estudantes. No entanto, o material não enfatiza a necessidade de avaliar a aprendizagem antes e depois do tema, simplesmente avançando para o tópico seguinte de Química a ser estudado. QC (Santos et al., 2016) inclui quadros denominados "Pare e Pense", que incentiva a expressão das opiniões dos alunos. Ele propõe perguntas que exploram a subjetividade dos estudantes, permitindo que eles expressem suas opiniões sobre diversos fatos.

No PNLD 2021, os livros não apresentam no decorrer do texto o que pode ser levado em consideração as ideias dos estudantes para ser explicado no texto, mas em suas atividades descreve:

> O pensador grego Aristóteles, além da Filosofia, foi pioneiro em diversas outras áreas do conhecimento, entre elas as relacionadas à natureza e aos seres vivos. Nossa proposta é que você pesquise e conheça melhor os pensamentos de Aristóteles. Converse com seus professores de Filosofia e História e encontre referências sobre o sábio grego em sites confiáveis da internet. Escreva um pequeno texto sobre o que achou de mais interessante em suas pesquisas e debata com seus colegas: é possível identificar influências do trabalho de Aristóteles na Ciência ou no conhecimento popular atual? (Amabis et al., 2020; p. 65).

Em outra coleção, os autores deixam como sugestão trabalhar a opinião dos estudantes em conceitos científicos relacionados aos experimentos como acontece em DL (2020) seguindo o experimento do teste de chama. Os demais livros, MT21, SP21 e MEV21 não apresentam.

3.6. Avaliando o progresso

A avaliação contínua do progresso dos alunos é um aspecto crucial para a eficácia do ensino, sendo destacado no instrumento de avaliação do Projeto 2061. Os livros no PNLD 2021, no entanto, apresentam uma lacuna nesse aspecto, pois não incluem formas específicas de verificação do progresso dos alunos. Esses livros apresentam somente a categoria q do instrumento de avaliação: "Alinhando-se aos objetivos. Assumindo uma correspondência de

conteúdo entre o material curricular e o programa, os itens de avaliação incluídos se relacionam com o programa?"[4] (Arnaud & Fernandez, 2024):

> [...] por propiciarem o uso de tecnologias digitais, promovem o desenvolvimento da Competência Geral 5. Depois de toda a discussão, peça aos grupos para revisarem suas respostas iniciais e compartilhar em com a turma. Nesse momento tire dúvidas e fique atento aos possíveis equívocos. Essa discussão é um momento de avaliação contínua, que deve ser registrado a partir de sua observação ou do registro escrito dos estudantes nos grupos, após a solução de dúvidas. As habilidades aqui contempladas são EM13CNT101 e EM13CNT209, já que permitem ao estudante compreender os processos deformação dos elementos químicos a partir do processo de fusão nuclear e analisar a evolução estelar associando-a à distribuição de elementos químicos no Universo. Além disso, o trabalho em grupo visa promover a Competência Geral 9, já que, em grupos, os estudantes podem exercitar a empatia, o diálogo e a cooperação. (Lopes, Rosso & Carnevale, 2021, p. 35).

MM (Mortimer & Machado, 2016) propõe perguntas conceituais e de nível macroscópico, mas ainda carece de sugestões para uma avaliação progressiva e detalhada do aprendizado dos estudantes. Os outros livros do PNLD 2018 seguem o exemplo anterior ao não sugerir nenhuma sugestão de avaliação dos estudantes, tendo como característica seus exercícios.

3.7. Melhorando o ambiente de aprendizagem da ciência

A ideia de criar um ambiente de aprendizagem que desperte a curiosidade e incentive a participação ativa dos alunos é tratada de diversas formas nas coleções pesquisadas. A coleção MM (Mortimer & Machado, 2016), propõe uma série de temas para serem debatidos em sala de aula, conforme descrito no manual do professor. Entre os temas sugeridos estão a formação do elétron e a estrutura do átomo. A intenção é fomentar discussões que estimulem o pensamento crítico e aumentem o envolvimento dos alunos com o conteúdo. Entre a temática de modelos atômicos, nenhuma outra coleção dos dois PNLD analisados apresentam essas abordagens.

A partir dos dados coletados para cada aspecto abordado em cada uma das coleções, categorizou-se os livros de acordo com a presença de cada aspecto. Essa categorização pode ser vista nos quadros 5 e 6 respectivamente do PNLD 2018 e 2021.

Quadro 5 - As categorias do projeto 2061 presentes nas coleções de química do PNLD 2018

		Aspectos do Projeto 2061																					
		I			**II**				**III**		**IV**				**V**			**VI**			**VII**		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v
Coleções	CP																						
	MR																						
	MM																						
	QC																						
	SP																						
	VV																						

[4] Aqui consideramos a BNCC como um programa devido ela ser "um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica" (Brasil, 2018, p. 7)

DOI http://dx.doi.org/10.14571/brajets.v18.n1.284-304
ISSN 2316-9907

Legenda: Presente | Presente parcialmente | Ausente

No PNLD 2018 pode-se perceber que, CP é a coleção que mais contempla as categorias. Além disso, destaca-se que nenhuma coleção contempla todos os aspectos sendo os aspectos V (Promovendo o Pensamento dos Estudantes sobre Fenômenos, Experiências e Conhecimento) e o VI (Avaliando o progresso) os que menos foram contemplados. Segundo Bastos e colaboradores (2022), n o PNLD de 2018, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) orientavam as ações de ensino, os livros didáticos destacavam uma maior preocupação com a metodologia de ensino. Os livros enfatizavam um conjunto de atividades voltadas para promover a aprendizagem dos objetos de conhecimento dentro do contexto do componente curricular (Bastos et al., 2022).

Quadro 6 - As categorias do projeto 2061 presentes nas coleções de química do PNLD 2021

		Aspectos do Projeto 2061																					
		I			**II**				**III**		**IV**				**V**			**VI**			**VII**		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v
Coleções	MT21	■		■							▒	▒		■	▒	■		■					
	SP21	■		■				▒		■	▒	▒		■	▒	■		■					
	CO21																	■					
	MP21																	■					
	LR21				■						▒		■		▒			■					
	MEV21									■	▒	▒		■		■		■					
	DL21								▒	■	▒	■						■					

Legenda: Presente | Presente parcialmente | Ausente

Na análise geral do PNLD 2021 foram poucos os aspectos que foram contemplados. Nesse sentido, uma relação que pode ser estabelecida é que os conteúdos foram diminuídos em sua quantidade, perceptível inclusive pelo menor número de páginas atribuídas ao conteúdo nessas coleções. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Bastos, Gonçalves e Neto (2022), onde destacam que no edital do PNLD 2021 são apresentadas limitações com relação ao número de páginas para as obras didáticas, sendo que os 6 volumes das coleções deveriam ser divididos em unidades temáticas contendo, cada livro, o máximo de 160 páginas. Para os autores:

> É sabido que esse limite de páginas é resultado de uma tentativa de baratear o preço pago pelo governo por cada LD [5] e não devido a questões de cunho didático-pedagógicos. Concentrar as áreas de conhecimento num único volume pode, caso não haja uma organização didático-pedagógica capaz de dar suporte a ideia de unidade temática, causar um "embaralhamento" de conteúdos a fim de atender a quantidade de objetos de conhecimentos trazidos pela BNCC, os quais somam as ciências da natureza (Física + Química + Ciências Biológicas) nos 6 volumes, os quais anteriormente, no PNLD 2018, eram divididos por ano e coleção com limite máximo de 288 páginas, resultando em 864 páginas nos três anos do ensino médio por cada disciplina, ou seja, 2.592 páginas das CNT. A redução do número de páginas, com a chegada dos novos critérios impostos no PNLD 2021 foram de quase 55% (Bastos, Gonçalves & Neto, p. 7, 2022)

Em virtude dessa diminuição no número de páginas também se observou, comparativamente, que os livros do PNLD 2021 contemplam menos aspectos do que os livros

de Química do PNLD 2018. Os aspectos que apresentaram a maior diferença entre as coleções são os aspectos VII, que discute sobre a melhoria no ambiente de aprendizagem da ciência, e o aspecto II, que destaca as ideias prévias dos estudantes.

Nesse sentido, a análise dos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018 e 2021 revela que há áreas que podem ser melhoradas. Os livros do PNLD 2018 tendem a ser focados em mais conteúdos e exercícios, focando na apresentação histórica e sequencial dos modelos atômicos; enquanto os do PNLD 2021 incorporam mais ferramentas digitais e atividades interativas. Sewaybricker (2022) e Santos (2023) também destacam que aspectos relacionados à história da Ciência não são adequadamente abordados nos livros do PNLD 2021.

Aldi e Belluco (2024), destacam melhorias pontuais, bem como o trabalho de Santos *et al.* (2020) que descreve o funcionamento do tubo de Crookes e apresenta os experimentos realizados pelo cientista. Essa descrição representa avanço ao introduzir elementos do contexto histórico e experimental, permitindo uma discussão mais fundamentada sobre a descoberta do elétron e a proposição do modelo atômico. Apesar disso, os autores observam que essas melhorias são limitadas e não exploram plenamente as potencialidades pedagógicas do modelo de Thomson. A maioria das representações visuais e descrições textuais ainda simplifica o modelo, omitindo aspectos como a organização dos elétrons em anéis concêntricos e sua movimentação, elementos centrais do trabalho original de Thomson. Além disso, o contexto interdisciplinar entre Física e Química, bem como as implicações filosóficas e químicas do modelo, continuam pouco abordados nos livros analisados (Aldi & Belluco, 2024).

A consideração das ideias prévias dos estudantes é importante para o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos. Nesse sentido, livros que explicitamente abordam essas ideias podem permitir que os alunos conectem novos conhecimentos com suas experiências anteriores. A análise, todavia, mostrou que, embora os livros ofereçam exercícios práticos, a incorporação das ideias prévias dos alunos ainda é uma área que necessita de aprimoramento.

Especificamente sobre o modelo atômico de Dalton, e sobre a construção do conhecimento científico, Santos (2023) destaca que há ausência de uma descrição detalhada das ideias científicas de Dalton nos livros didáticos, o que é considerado um problema, pois pode dificultar a compreensão crítica dos estudantes sobre o processo de formulação dessas ideias. Nesse aspecto, a autora aponta que “ao não descrever as ideias de Dalton, os livros didáticos não fomentam a percepção de visões mais críticas sobre a natureza e a evolução do pensamento científico, limitando a compreensão dos estudantes sobre a ciência” (Santos, p. 72, 2023).

A integração de métodos de avaliação é outra área que requer atenção. Avaliações contínuas e formativas que vão além da simples memorização de termos podem proporcionar uma visão mais precisa do entendimento dos alunos e permitir ajustes pedagógicos. Nesse sentido, os LDs podem incluir orientações claras sobre como avaliar o progresso dos alunos auxiliando os professores a identificarem dificuldades de aprendizagem.

A promoção do pensamento crítico e a criação de um ambiente de aprendizagem que envolva os alunos com fenômenos relevantes são áreas onde os livros didáticos têm apresentado progressos. Os livros do PNLD 2021, por exemplo, utilizam experiências práticas e ferramentas digitais que incentivam a exploração ativa dos alunos sobre os conceitos científicos. Esse enfoque é importante para desenvolver habilidades científicas.

A análise desses aspectos nos livros didáticos é importante pois permite uma análise do conteúdo dos livros. Ao examinar os aspectos do instrumento de avaliação de materiais didáticos do Projeto 2061 também pode-se compreender melhor o foco, a abordagem e a qualidade do material. Além disso, a classificação dos livros com base nesses aspectos pode ajudar educadores, estudantes e pesquisadores a escolher os materiais mais adequados para suas necessidades específicas. Nesse sentido, também ressalta-se que esse estudo diferencia-se das produções destacadas na literatura pois tínhamos como objetivo discutir os diversos

modelos atômicos, e não apenas um modelo, como os estudos de Bastos, Gonçalves e Neto (2022) e Dias, Soares e Toledo (2024). Ademais, também objetivamos analisar diferentes aspectos considerados essenciais no processo de ensino e aprendizagem, utilizando para isso um instrumento ainda recente na área de Ensino de Química no Brasil, mas validado e incorporado em pesquisas no exterior (Arnaud, 2019; Arnaud & Fernandez, 2024).

4. CONCLUSÃO

A análise dos livros didáticos do PNLD 2018 e 2021 revela diferenças na abordagem dos conteúdos e na contemplação dos aspectos essenciais para que o livro forneça suporte para o ensino e aprendizagem do conteúdo de modelos atômicos. No PNLD 2018, a coleção CP se destacou por abordar a maioria das categorias, embora nenhum livro tenha contemplado todos os aspectos, com ênfase nos aspectos V (Promovendo o Pensamento dos Estudantes sobre Fenômenos, Experiências e Conhecimento) e VI (Avaliando o Progresso), que foram os menos atendidos. Em contraste, os livros do PNLD 2021 apresentaram uma redução na quantidade de conceitos relacionados ao conteúdo de modelos atômicos e menos aspectos contemplados, especialmente os aspectos VII (Melhoria no Ambiente de Aprendizagem da Ciência) e II (Consideração das Ideias Prévias dos Estudantes) que necessitam de maior atenção.

A análise comparativa entre os livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018 e PNLD 2021 também demonstrou que os livros do PNLD 2018, embora mais completos em termos de conteúdo e atividades, ainda precisam aprimorar em algumas áreas, como Promover o Pensamento dos Estudantes sobre Fenômenos, Experiências e Conhecimento (Aspecto V) e Avaliar o Progresso dos Estudantes (Aspecto VI).

Por outro lado, os livros do PNLD 2021, influenciados pela limitação de páginas imposta pelo edital, focam mais na utilização de ferramentas digitais e experiências práticas para promover um ambiente de aprendizagem interativo. Contudo, essa redução de conteúdo, que conforme Bastos, Gonçalves e Neto (2022) chega a quase 55%, em comparação com os livros de 2018, pode prejudicar a profundidade e a continuidade dos tópicos abordados. Os livros de 2021, também apresentam lacunas nos aspectos observados, como na consideração das ideias prévias dos estudantes (Aspecto II).

Com base nesse panorama, é possível concluir que os próximos PNLDs precisam incorporar um equilíbrio entre inovação proposta e a profundidade do conteúdo. A incorporação de novas tecnologias não pode resultar na simplificação excessiva do conteúdo, mas sim complementá-lo de forma a enriquecer a aprendizagem. A redução de páginas nos livros não deve comprometer a capacidade de aprofundar conceitos importantes, como a história da ciência, nem deve diminuir a complexidade dos métodos de avaliação. Assim, destacamos ser importante que os próximos PNLDs contemplem de forma mais aprofundada os aspectos do pensamento crítico, da consideração das ideias prévias dos estudantes e da avaliação formativa.

Além disso, ao avaliar outros conteúdos nos próximos PNLDs, sugere-se a adoção de instrumentos que considerem a diversidade de abordagens pedagógicas. É importante que a avaliação dos livros didáticos contemple os aspectos técnicos e didáticos, mas também analise a capacidade dos materiais de estimular a reflexão crítica dos alunos sobre o conteúdo científico e sua aplicação na vida cotidiana. Nesse sentido, ressalta-se a importância de que as futuras coleções apresentem uma abordagem mais crítica e reflexiva sobre a ciência, considerando não apenas os conceitos, mas também o processo de construção do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

AAAS (1993). *American Association for the Advancement of Science. Project 2061*. Disponível em: https://www.aaas.org/programs/project-2061.

Aldi, A., & Belluco, M. F. (2024). O modelo atômico de Thomson no PNLD 2021: uma crítica a partir de subsídios da epistemologia histórica de Gaston Bachelard. *Ciência & Educação (bauru)*, *30*, e24048. https://doi.org/10.1590/1516-731320240048

Almeida, D. P. G. de. (2019). *Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: o livro didático e as representações sociais de docentes.* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

Amabis, J. M., Martho, G. R., Ferraro, N. G., Penteado, P. C. M., Torres, C. M., Soares, J., Canto, E. L. do & Leite, L. C. C. (2020). *Coleção Moderna Plus: Ciências da natureza: o conhecimento científico.* São Paulo: Moderna.

Arnaud, A. & Fernandez, C. (2024). A PESQUISA SOBRE LIVROS DIDÁTICOS: Apresentando o projeto 2061. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, 14(1), p 154-179. DOI: 10.36524/dect.v14i1.2682.

Arnaud, A. A. (2019). *A construção do conteúdo de reações redox em livros didáticos da educação básica*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

Bastos, K. da L., Gonçalves, K. M., & Cabral Neto, J. dos S. (2022). Modelo padrão: uma análise dos Livros Didáticos do PNLD para identificar conceitos relacionados a Física de Partículas Elementares. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20220153, p. 01-16. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0153.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Linguagens, códigos e suas tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

Bignardi, C., & Gibin, G. B. (2021). Análise sobre modelos atômicos em Livros Didáticos de Química segundo a História e Filosofia da Ciência. *Caderno Amazonense de Pesquisa em Ensino de Ciencias e Matemática*, *1*(1), e202105-e202105.

Bittencourt, C. M. F. (2004). Autores e editores de compêndios e livros de leitura (1810-1910). *Revista Educação e Pesquisa*, 30(3), p. 475–491. DOI: https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000300008

Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Recuperado de: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/.

Brown, T. L.; Lemay, E. H. Jr; Brusen, B. E.; Murphy, C. J.; Woodward, P. M. & Stoltfus, M. W. (2016). *Química: a ciência central.* São Paulo: Pearson Education Brasil.

Camargo, L. C., Simas Asquel, S., & Oliveira, B. R. M. (2018). Problematizando o ensino de modelos atômicos: uma exploração sobre as representações e o uso de um jogo didático. *ACTIO: Docência em Ciências*, *3*(3), 197-213. DOI: 10.3895/actio.v3n3.7998

Ciscato, C. A. M., Pereira, L. F., Chemello, E. & Proti, P. B. (2016). *Coleção Química - Ciscato, Pereira, Chemello e Proti, Química Ensino Médio.* São Paulo: Moderna.

Dias, L. M.; Soares, V. P. & Toledo, E. J. L. (2024). O modelo atômico de Thomson em livros de Química: fidesafios e perspectivas. *Química Nova Escola*, prelo, p. 1-10. DOI: http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160388

Fukui, A., Nery, A. L. P., Carvalho, E. G., Aguilar, J. B., Liegel, R. M., Aoki, V. L. M., Zamboni, A., & Bezerra, L. M. (2020*). Coleção ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: composição e estrutura dos corpos: ensino médio*. São Paulo, SM.

Godoy, L. P. de, Dell'Agnolo, R. M., & Melo, W. C. (2020) *Coleção Multiversos: ciências da natureza: ciência, tecnologia e cidadania: ensino médio.* São Paulo: FTD.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry-logical or psychological?. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), p. 9-15. DOI: http://dx.doi.org/10.1039/A9RP90001B.

Kulm, G., & Grier, L. (1998). Mathematics curriculum materials reliability study. *Washington, DC: Project*, *2061*. Recuperado de:

http://www.project2061.org/publications/textbook/mgsci/report/analysis.htm.

Kulm, G., Roseman, J., & Treistman, M. (1999). A benchmarks-based approach to textbook evaluation. *Science Books & Films*, 35(4), p. 147-153.

Leal, C. A. (2021). Uma breve análise do objeto 2 do PNLD 2021 no itinerário "Ciências da Natureza e suas Tecnologias": o que cabe ao ensino de Biologia. In: *Anais do XI Encontro Estadual de Didática e Práticas de Ensino.* Goiânia, Goiás.

Lima, N. D., & Ciasca, M. I. F. L. (2020). História da avaliação pedagógica do livro e do material didático no Brasil. *Research, Society and Development*, 9(3), e90932509, p.01-26. DOI: 10.33448/rsd-v9i3.2509.

Lisboa, J. C. F., Bruni, A. T., Nery, A. L. P., Liegel, R. M. & Aoki, V. L. M. (2016) *Coleção Ser protagonista: química, 1° ano***.** São Paulo: SM.

Lopes, S. & Rosso, S. (2020) *Coleção ciências da natureza: Lopes & Rosso: Evolução e Universo*. São Paulo: Moderna.

Marchesi, M. Q., & Custodio, R. (2023). Evolução histórica dos modelos atômicos. *Revista Chemkeys*, *5*, e023003-e023003, p.01-05. DOI: 10.20396/chemkeys.v5i00.18418.

Maskill, R., & de Jesus, H. P. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, *19*(7), p.781-799. DOI: https://doi.org/10.1080/0950069970190704.

Melo, M. R. (2002). *Estrutura atômica e ligações químicas: uma abordagem para o ensino médio* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

Mortimer, E. F., Machado, A. H. (2016). *Coleção Química: ensino Médio/ Eduardo Fleury Mortimer, Andréa Horta Machado I.* São Paulo: Scipione.

Mortimer, E., Horta, A., Mateeus, A., Panjera, A. G. E., Pimenta, M., Munford, D., Franco, L., & Matos, S. (2020) *Coleção matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: materiais, luz e som: modelos e propriedades*. São Paulo: Scipione.

Novais, V. L. D., & Antunes, M. T. (2016). *Coleção Vivá. Química: volume I: Ensino médio*. Curitiba: Positivo.

Núñez, I. B., Ramalho, B. L., da Silva, I. K. P., & Campos, A. P. N. (2003). A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. *Revista Iberoamericana de Educación*, *33*(1), p.1-11. DOI: 10.35362/rie3312889.

Oliveira, D. C. D. (2008). Análise de conteúdo temático-categorial: uma proposta de sistematização. *Revista de enfermagem UERJ*, 16(4), p.569-576.

Porto, P. A., & Queiroz, S. L. (2021). Novidades no PNLD 2021. *Química Nova na Escola, São Paulo*, *43*(2), p.147. DOI: http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160245.

Reis, M. R. M. (2016). *Coleção Química: ensino médio/Martha Reis I.* São Paulo: Ática.

Santos, K. C. dos, Chinellato, É. A., Silva, R. A. Da, Kimura, M., Ferraro, A. C. Dos S., Froés, A. L. D., Ogo, M. Y., & Michelan, V. (2020*). Coleção diálogo: o universo da ciência e a ciência do universo***:** São Paulo: Moderna.

Santos, M. R. D., Coutinho, H. do N., & Toledo, E. J. de L. (2020). Análise do conteúdo de química quântica nos livros de química do PNLD 2018. In *Anais do 20º Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ Pernambuco)*. Recife, PE: UFRPE/UFPE.

Santos, K. L. A. (2023). *Uma análise de livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton em relação à argumentação e ao uso da história e filosofia da ciência*. Dissertação (mestrado) Universidade Federal da Bahia.

Santos, P. S. M. B. (2012). *Guia prático da política educacional no Brasil: ações, planos, programas e impactos*. São Paulo: Cengage Learning Edições Ltda.

Santos, W. L. P., Mol, G. De S., Dib, S. M. F., Matsunaga, R. T., Santos, S. M. De O., Castro, E. N. De De, Silva, G. De S. S., & Farias, S. B. (2016). *Coleção Química cidadã: volume 1: química: ensino médio.* São Paulo: AJS.

Sewaybricker, H. M. (2022). *Análise do Tema "Modelos atômicos" em Livros Didáticos do PNLD 2021 pelas Lentes da História da Ciência*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São Paulo.

Silva, G. S., Braibante, M. E. F., & Pazinato, M. S. (2013). Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *13*(2), p.159–182.

Silva, M. A. (2012). A fetichização do livro didático no Brasil. *Educação & Realidade*, *37*, p.803-821.

Teixeira, Y. B. S., & Santos, S. C. S. (2023). Análise de analogias para o ensino de modelos atômicos presentes nos livros didáticos do PNLD 2020. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 19(43), p. 5-21. DOI: http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v19i43.14847

Thompson, M., Rios, E. P., Spinelli, W., Reis, H., Sant'anna, B., Novais, V. L. D., & Antunes, M. T. (2020). *Coleção Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias: matéria e energia***.** São Paulo: Moderna.

Treagust, D. F. (2008). The role of multiple representations in learning science: enhancing students' conceptual understanding and motivation. *Science education at the nexus of theory and practice*, p. 7-23). DOI: https://doi.org/10.1163/9789087904227_003.