



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
***CAMPUS* TERESINA CENTRAL**
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA

LUIS HENRIQUE DA COSTA MANO

A ABORDAGEM HISTÓRICA E FILOSÓFICA DO CONTEÚDO DE
RADIOATIVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

TERESINA, PI

2023

LUIS HENRIQUE DA COSTA MANO

A ABORDAGEM HISTÓRICA E FILOSÓFICA DO CONTEÚDO DE
RADIOATIVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Química
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Teresina-PI.

Orientadora: Prof^ª. Ma. Teresinha Vilani
Vasconcelos de Lima.

TERESINA, PI

2023

A ABORDAGEM HISTÓRICA E FILOSÓFICA DO CONTEÚDO DE RADIOATIVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Luis Henrique da Costa Mano¹
Teresinha Vilani Vasconcelos de Lima²

RESUMO

A abordagem histórica e filosófica da Ciência desempenha no Livro Didático um papel, na educação científica, de contextualização dos conhecimentos científicos, situando-os dentro de um contexto mais amplo. Desse modo, os livros didáticos configuram-se como um importante subsídio nessa discussão, uma vez que atuam, nas salas de aula, como referencial teórico coletivo e condensado para os alunos e auxiliando os professores no processo de ensino e aprendizagem. Nesse âmbito, este estudo objetivou investigar como vem ocorrendo a abordagem histórica e filosófica do conteúdo de radioatividade na nova configuração dos livros didáticos que atendem à Base Nacional Comum Curricular no período de 2021 à 2024. Por seu turno, os passos metodológicos foram: mapear, nos livros didáticos de Ciências da Natureza, do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2021, o enfoque histórico e filosófico no conteúdo de radioatividade e identificar os aspectos consensuais da natureza da Ciência no conteúdo de radioatividade. Para isso, fez-se uso de uma pesquisa documental, através do qual foram mapeados os livros didáticos de acordo com a Base Nacional Comum Curricular das coleções de Ciências da Natureza aprovadas pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático 2021 para o ensino médio, restringindo-se ao conteúdo de radioatividade. Como resultados, identificou-se que os livros analisados apresentaram alguns dos aspectos consensuais da natureza da Ciência, embora não seja possível assegurar que os materiais selecionados para a pesquisa ofereçam uma abordagem histórica e filosófica da Ciência que seja satisfatória.

Palavras-chave: natureza da Ciência; aspectos consensuais; PNLD.

ABSTRACT

The historical and philosophical approach to Science plays a pivotal role in the context of educational science within textbooks, contextualizing scientific knowledge within a broader framework. Therefore, textbooks represent an important asset in this discussion, serving as a collective and condensed theoretical reference in classrooms for students, while also aiding teachers in the teaching and learning process. Within this scope, this study aimed to investigate how the historical and philosophical approach to the content of radioactivity has been unfolding in the new configuration of textbooks aligned with the National Common Curricular Base from 2021 to 2024. The methodological steps involved mapping the historical and philosophical approach to radioactivity content in Natural Sciences textbooks from the 2021 National Program for Textbook and Didactic Material (PNLD), as well as identifying consensual aspects of the nature of Science within the context of radioactivity. This was accomplished through documentary research, wherein textbooks were mapped according to the National Common Curricular Base within the collections of Natural Sciences approved by the 2021 National Program for Textbook and Didactic Material for high school education, focusing solely on radioactivity content. The results revealed that the analyzed textbooks presented some consensual aspects of the nature of Science. However, it cannot be guaranteed that the materials selected for this research offer a satisfactory historical and philosophical approach to Science.

¹ Graduando em Licenciatura em Química. Instituto Federal do Piauí, *Campus* Teresina Central.
E-mail: luishcmmano@gmail.com

² Professora do Instituto Federal do Piauí. Mestre em Educação. E-mail: vilani@ifpi.edu.br

Keywords: nature of science; consensus aspects; PNLD.

Data de aprovação: 06/07/2023 (data de apresentação do TCC)

1 INTRODUÇÃO

A abordagem histórica e filosófica, nos livros didáticos de Ciências, desempenha um papel fundamental na educação científica. Em geral, busca contextualizar os conhecimentos científicos, situando-os dentro de um contexto histórico e filosófico mais amplo. Isso permite que os estudantes compreendam melhor como o conhecimento científico foi produzido ao longo do tempo e como é construído socialmente.

Nesse sentido, algumas vantagens estão associadas a uma compreensão da Ciência, quando se faz uso de perspectiva histórica e filosófica na transmissão dos saberes nos livros didáticos. Por exemplo, os alunos podem entender como ideias e teorias foram desenvolvidas, revisadas e modificadas no decorrer dos anos, à medida que novas evidências e compreensões surgiram. Consequentemente, pode proporcionar uma motivação para poderem explorar questões, tais quais: como os cientistas formulam hipóteses? Como as teorias são testadas e validadas? Como a Ciência interage com outras áreas do conhecimento? Além disso, concepções deformadas da Ciência presentes no imaginário dos alunos podem ser, se não superadas, no mínimo, desmistificadas, quando os saberes nos livros didáticos de Ciências propiciam um entendimento histórico e filosófico da atividade científica. Isto é possível pois os alunos aprendem que a Ciência é uma atividade humana dinâmica, em constante revisão e atualização à proporção que novos indicativos e perspectivas surgem.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) sugere um enfoque do conteúdo de Química mais interdisciplinar, por conta do livro didático (LD) ser de Ciências da Natureza, abrangendo Biologia e Física em uma única coleção de seis volumes, isto é, não compreendem mais uma coleção em três volumes para as respectivas áreas do conhecimento. Ao mesmo tempo, a BNCC procura dar mais ênfase a uma abordagem dos saberes científicos que considere o panorama histórico das teorias científicas para uma apreensão mais aprofundada e contextualizada da Ciência, incluindo a disciplina da Química, sugerindo um prisma histórico-filosófico dos saberes acumulados.

Nessa linha, reconhecendo a importância da história e da filosofia das Ciências para a alfabetização científica, entendemos que esse tipo de abordagem no ensino de Ciências pode viabilizar posturas mais reflexivas e críticas dos estudantes em relação ao conhecimento científico. Apesar das vantagens evidentes, é imprescindível reconhecermos que essa prática ainda é pouco explorada nos livros didáticos. Infelizmente, existem desafios significativos que inviabilizam a sua plena implementação, muitos dos quais estão relacionados a apresentar os conteúdos apenas de maneira pontual e isolada, bem como à simplificação excessiva desses conteúdos para torná-los acessíveis aos alunos.

Tais aspectos, além de não proporcionar uma alfabetização científica, podem reforçar concepções que os alunos trazem para aulas que concebem a dinâmica da própria Ciência de forma equivocada e orbitada de estereótipos. Algumas dessas concepções estão associadas a compreensão da Ciência como um corpo de conhecimento estático e infalível. Também é comum a representação dos cientistas como meros acumuladores de informações. Nesse sentido, o problema da pesquisa foi: como a perspectiva da histórica e filosófica do conteúdo de radioatividade, de acordo com a BNCC, vem apresentando o conteúdo de Química?

Por isso, a presente pesquisa objetivou investigar como vem ocorrendo a interpelação histórica e filosófica do conteúdo de radioatividade na nova configuração dos livros didáticos que atendem à BNCC. E, como objetivos específicos: mapear, nos livros didáticos de Ciências da Natureza, do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2021, a

abordagem histórica e filosófica no conteúdo de radioatividade e identificar os aspectos consensuais da natureza da Ciência no conteúdo de radioatividade. As características aceitas por alguns pesquisadores, no que diz respeito à construção do conhecimento científico, podem ser empregadas para promover uma assimilação da Ciência que esteja dissociada de estereótipos e distorções, tentando chegar a consensos sobre a concepção da Ciência.

2 ABORDAGEM HISTÓRICA E FILOSÓFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O conhecimento científico configura-se não apenas como uma alternativa para a resolução de problemas globais da atualidade, mas também como meio para o estabelecimento de uma cultura científica que faça com que os diferentes sujeitos partícipes da sociedade se apropriem, não somente como um fim em si mesmo, ou uma meta de erudição, no entanto, sobretudo, visando promover o conhecimento científico para o bem comum e para a tomada de decisões do cidadão em diferentes esferas sociais. A cultura científica constitui-se no desenvolvimento para mudanças de pensar e agir, quando toma a dimensão cultural, uma estratégia de tomada de decisões e posturas. Contudo, essa dimensão cultural não deve ser entendida como hábitos de cientistas ou de pesquisadores profissionais, e sim como um

[...] processo cultural, quer seja ele considerado do ponto de vista de sua produção, de sua difusão entre pares ou na dinâmica social do ensino e da educação, ou ainda, do ponto de vista de sua divulgação em sociedade, como todo, para o estabelecimento das relações críticas necessárias entre o cidadão e os valores culturais de seu tempo e de sua história (VOGT, 2006, p. 25).

É do conhecimento geral a polissemia do conceito de cultura e como os diferentes conceitos que orbitam essa palavra, apresentada por muitos autores, nem sempre convergem. Não serão abordadas, neste trabalho, as discussões acerca do conceito de cultura. Entretanto, teremos como base o conceito de cultura como conjunto de saberes, concepções e valores que se manifestam ou impactam hábitos, ações, posturas e reflexões socialmente difusas. Percorrendo essa lógica, vê-se que o estabelecimento de uma cultura científica para formação cidadã passa não somente pelo acúmulo de saberes, porém, precipuamente, em fazer com que esses saberes se somem aos valores e posturas.

Formar cientistas, portanto, não é a meta de uma cultura científica difundida, mas compreender a Ciência como um instrumento de leitura do mundo, da natureza e do meio que, como qualquer entidade cultural, desenvolve-se e é dinâmica. Entendemos a dimensão cultural da Ciência engloba, também, aspectos históricos e filosóficos, principalmente para superarmos visões precipitadas e distorcidas que envolvem a construção do conhecimento científico.

Nessa perspectiva, apreendermos a Ciência significa, antes de tudo, superarmos vícios ou deformações sobre ela, normalmente tomadas por alunos, impactando a maneira como eles concebem essa atividade. Pérez *et al.* (2001) listam uma série de interpretações referentes à Ciência que estão profundamente afastadas do que é a construção do conhecimento científico e que, comumente, poluem o modo como os alunos assimilam a ideia de Ciência: a) concepção empírico-indutivista e ateuca; b) visão rígida da construção do conhecimento científico; c) noção aproblemática e a-histórica; d) percepção exclusivamente analítica; e) visão individualista e elitista; e f) socialmente neutra da Ciência.

No que diz respeito à abordagem HF no ensino, tais vícios apontados pelo autor se caracterizam tanto como desafio quanto como algo a ser superado na ensinância de Ciências. Isso é uma tarefa importante, pois os alunos imergem nos conceitos e problemas das Ciências, nas aulas, com noções preconcebidas sobre a atividade científica carregadas, com diferentes gradações, de pontos de vista apreendidos pela mídia, revistas e livros científicos populares e professores *freelancers*, que fazem aulas expositivas online com conteúdos pontuais e fechados.

Dessa forma, os reducionismos conceituais penetram nas salas de aulas e, com elas, as deformações acerca do conhecimento científico sintetizadas nesses vícios indicados pelo autor. Por conseguinte, a identificação e percepção dessas deformações no processo de ensino e aprendizagem é o primeiro passo para superação dessas concepções e tornar os atores envolvidos mais críticos, reflexivos e integrados com o mundo e a realidade em que vivem.

Neste trabalho, nossa posição é favorável ao uso didático da abordagem histórico-filosófica da Ciência, uma vez que os prismas deformados da Ciência trazidos pelos alunos e, de certa maneira, reproduzidos por professores, sinalizam uma ausência da compreensão de que a Ciência envolve a análise da história do desenvolvimento científico, assim como dos pressupostos e questões filosóficas subjacentes à prática científica, o que possibilita um entendimento mais amplo e crítico da realidade.

Nesse rumo, constatamos a importância dessa abordagem no processo de ensino, dado que, explanando a relação entre história das Ciências e o ensino, podemos defini-la como

[...] valiosa ferramenta tanto para o ensino como para o próprio trabalho científico. O conhecimento da história de uma Ciência permite desenvolver a capacidade crítica, o espírito de análise e de precisão e a atitude atenta e curiosa indispensável para o pensamento científico (OBREGÓN, 1996, p. 543).

Tal enfoque, portanto, pode levar, inclusive, os professores a repensarem suas metodologias no momento de ensinarem os saberes científicos aos alunos, visto que, ao desenvolverem capacidade de crítica, espírito de análise e curiosidade científica nesses sujeitos, os docentes são instigados a fornecer aos estudantes um contexto mais amplo e uma captação mais profunda dos conceitos e teorias estudados. Isso passa, necessariamente, por rever metodologias que já vêm sendo criticadas na área de educação em Ciências e que, normalmente, reforçam as deformações atinentes ao conhecimento científico.

Ao mesmo tempo, os professores, ao reverem suas metodologias de ensino para incluir a história da Ciência como parte integrante do currículo, fazem com que os alunos sejam expostos a exemplos práticos do pensamento científico ao longo da história e poderão formar ou aprimorar uma compreensão mais profunda da Ciência como uma disciplina em constante evolução.

É relevante salientarmos que, embora na literatura facilmente se encontram trabalhos que mencionam apenas a história da Ciência e sua abordagem no ensino, devemos depreender que versar sobre a evolução histórica da Ciência implica, mesmo que não explicitamente, aspectos filosóficos, pois, como afirma Peduzzi (2001), ao tomá-la como estratégia didática, tem-se

[...] um embricamento inevitável com a Filosofia da Ciência. Não existem escolhas neutras. Como assevera Lakatos, a história da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega. A opção pelo uso da história da Ciência, no ensino, sem uma devida fundamentação teórica é acéfala e vulnerável à crítica (PEDUZZI, 2001, p. 155).

De fato, a Filosofia da Ciência, tomando-a *per se*, busca entender os fundamentos e pressupostos da Ciência, seus métodos, processos e teorias, bem como o seu papel na sociedade e na cultura em geral. Porém, ao examinarmos a história da Ciência, inevitavelmente, deparamo-nos com questões filosóficas que se relacionam com a prática científica, tais quais: como os cientistas pensam e trabalham, como as teorias científicas são construídas e testadas e como as descobertas científicas afetam a sociedade e o mundo em geral.

Quanto à importância do ensino na literatura, é praticamente um consenso entre vários autores que a ótica histórica e filosófica da Ciência possui potencial no aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem, ainda que visões contrárias também existam. Aqui, apresentamos alguns conceitos de autores que discorrem sobre sua pertinência.

Matthews (1995) apresenta os principais argumentos a favor da história e da filosofia da Ciência no ensino escolar e os motivos que justificam a sua inclusão nos currículos de formação de professores. Nesse linhame, para Martins (2000), a história da Ciência é considerada, atualmente, uma ferramenta valiosa no ensino das Ciências, em virtude de diversos fatores, incluindo a possibilidade de promover debates a respeito da natureza da Ciência e dos seus métodos. Já Martorano (2012) chegou, até mesmo, a desenvolver uma abordagem com foco na história da Ciência para ser utilizada a fim de ajudar os professores a ensinar a cinética química de maneira mais eficaz.

Apesar dos benefícios potenciais de se abordar a história e filosofia da Ciência, seja diretamente no ensino, seja por meio de estratégias didáticas, e embora essa percepção não deva ser recusada, ressaltamos que seu uso excessivo também não é recomendado, posto que não resolverá completamente os problemas da educação em Ciências. No entanto, a incorporação da abordagem histórico-filosófica na educação em Ciências, com prudência e através de recursos apropriados, pode trazer diversas contribuições, como lidar com concepções alternativas, oportunizar novos modos de ensinar certos conteúdos e desmistificar o método científico, deformações comuns na concepção referente à Ciência. Isso pode ser particularmente útil para tratar a problemática das concepções alternativas dos alunos que, muitas vezes, são baseadas em ideias intuitivas e preconcebidas sobre a natureza dos fenômenos científicos.

Logo, no que concerne aos conceitos tangentes à Ciência e, mais especificamente, o desenvolvimento dos saberes científicos, fornece uma visão mais abrangente e crítica da Ciência e ajuda os alunos a elaborar uma compreensão, senão completa, no mínimo precisa, mediante a abordagem histórica e filosófica. Ademais, torna-se muito conveniente, especialmente quando é incorporada com recursos adequados e de forma complementar a outros enfoques pedagógicos, para que possa trazer benefícios significativos ao ensino e aprendizagem da Ciência.

À vista disso, entendemos que a consideração de elementos históricos e filosóficos da Ciência, tal como a percepção da dimensão do conhecimento científico afastada dos vícios destacada por Pérez *et al.* (2001) e anteriormente listados, sem embargo louváveis, não garantem a compreensão dessa dimensão da Ciência por parte dos alunos se não vierem amparados por materiais pedagógicos adequados, que auxiliam o professor a desmistificar muitas ideias relacionadas à Ciência.

3 IMPORTÂNCIA DO LIVRO DIDÁTICO PARA HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS

Um importante subsídio nessa empreitada são os livros didáticos, uma vez que eles atuam nas salas de aula como referencial teórico condensado para os alunos, e como guia para os professores na elaboração de suas aulas. Nesse âmbito, os livros didáticos podem ser uma ferramenta relevante para a desconstrução das percepções deformadas das Ciências, frutos da ausência de uma abordagem histórica e filosófica dos saberes científicos, dado que, conforme Lopes (2007, p. 208), tem o potencial “de ser uma versão didatizada do conhecimento para fins escolares e/ou com o propósito de *formação de valores*”.

Enquadramos, aqui, a superação de deformações do conhecimento científico como sendo valores, pois os saberes científicos não são inteligíveis quando separados dos valores, dos propósitos, das ideias e das situações sócio-históricas desses mesmos valores. Frisamos que o acesso ao conhecimento é um valor *per si* socialmente reconhecido e aceito. Todavia, não

basta somente o acesso ao conhecimento, também é necessário atrelá-lo a valores epistêmicos e internos da própria Ciência, como verdade, generalidade, coerência etc, e isso deve passar por uma abordagem que enfatize, segundo Pérez *et al.* (2001, p. 128), “uma imagem mais correta e adequada do trabalho científico”, que, por um lado, considere as deformações e vícios acerca dele e, por outro, crie estratégias para poder superá-los.

Nessa perspectiva, o livro didático pode ser um recurso essencial para difundir uma dimensão do desenvolvimento histórico das Ciências nos livros de Ciências da Natureza, tencionando auxiliar a fornecer uma visão ampla e contextualizada, além de oferecer informações históricas e filosóficas relativas aos conceitos científicos e seus saberes. Ao mesmo tempo, ajudarão os alunos a entenderem a evolução dos conceitos e teorias, bem como os debates e controvérsias que moldaram a Ciência ao longo do tempo, levando-os

[...] a questionar concepções e práticas assumidas de forma acrítica e a aproximar-se de **concepções epistemológicas mais adequadas** que, se devidamente reforçadas, podem ter incidência positiva sobre o ensino (PÉREZ *et al.*, 2001, p. 127, grifo nosso).

Com isso, o livro didático que utiliza estratégias de organização de saberes, empregando uma abordagem histórica e filosófica, pode orientar o aluno a desenvolver uma compreensão crítica do conhecimento científico, permitindo que os estudantes questionem as premissas subjacentes e considerem prismas alternativos. Ao mesmo tempo, os estudantes podem, também, entender a Ciência não apenas como um conjunto de fatos, mas como um processo em constante evolução, que é influenciado por fatores históricos, culturais e sociais.

Quando afirmamos que os livros didáticos podem ser um instrumento que auxilia o professor a aproximar o aluno de, consoante Pérez *et al.* (2001, p. 127), “concepções epistemológicas mais adequadas”, significa que os livros podem levar o aluno a compreender e adotar noções filosóficas da Ciência que sejam mais adequadas para explicar e assimilar os fenômenos estudados. Ainda podem ajudar a evitar erros de interpretação e aprimorar a compreensão do conhecimento científico e, dessa forma, afastar os alunos dos vícios e deformações acerca da Ciência tão comuns entre eles.

Depreendemos, com este trabalho, o quanto pode ser perigoso definir “concepções epistemológicas mais adequadas” ou “concepção adequada da Ciência”, visto que é uma atividade complexa e multifacetada, que envolve uma grande variedade de métodos, teorias e práticas. Diferentes comunidades científicas podem ter abordagens e perspectivas divergentes em relação ao que é tido como um conhecimento científico adequado em uma determinada área. Com isso, “concepção adequada da Ciência” pode sugerir

[...] que existe uma natureza da Ciência para ser descoberta e ensinada aos estudantes; que uma lista de tópicos pode descrever a natureza da Ciência; e que para uma disciplina ser considerada científica, cada um dos tópicos deve ser verdadeiro para essa disciplina (EFLIN; GLENNAN; REISCH, 1999, p. 108).

No entanto, entendemos que “concepção adequada da Ciência” pode ser apropriada em alguns contextos de ensino e, em outros, deve ser adaptada ao grau de desenvolvimento dos estudantes. Embora a expressão cause estranheza em muitos epistemólogos, fazer com que os alunos se aproximem de acepções ditas “adequadas” significa ajudá-los a compreender como a Ciência é realizada na prática, incluindo as influências externas que podem afetar a investigação científica, assim como a importância de avaliar criticamente a evidência e as teorias científicas.

Portanto, é notável realçarmos que, ao abordar historicamente e filosoficamente a Ciência nos livros didáticos, a intenção não é cair no essencialismo sobre a natureza da Ciência a partir de

definições fechadas, e sim ajudar os discentes a assimilar que a Ciência é um empreendimento complexo e multifacetado, que envolve diversos fatores, tais como

[...] pluralismo metodológico [...] a recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros” [...] destacar o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente [...] busca de coerência global com o corpo de conhecimentos vigente [...] compreender o caráter social do desenvolvimento científico (PÉREZ *et al.*, 2001, p. 135).

Tais aspectos, mesmo que não possam ser tomados como absolutos, são, no mínimo, consensuais e vistos como relevantes na esfera do ensino. Assim, o foco é evitarmos a adoção de uma visão excessivamente simplista e distorcida da Ciência, colaborando para que os estudantes entendam a sua natureza de uma forma mais precisa e sofisticada, propiciando que apreendam melhor como a Ciência funciona, como é feita e de que maneira pode ser aplicada no mundo real.

Haja vista tal entendimento, o livro didático se enquadra como instrumento importante para letramento científico, uma vez que, a partir dos saberes neles organizados numa interpretação histórica e filosófica, é possível percebermos a Ciência como um processo dinâmico e em constante evolução, que abarca a formulação de hipóteses, a realização de experimentos e a revisão contínua das teorias existentes, ou seja, circunda “o conhecimento dos conteúdos da Ciência e a percepção ampla de questões políticas e sociais envolvendo a Ciência de modo a formar um ‘letramento científico para a cidadania’” (MOTTA-ROTH, 2011, p. 21).

Isso nos leva, como efeito, às seguintes constatações: a) a abordagem histórica e filosófica da Ciência na organização dos saberes científicos nos livros didáticos ajudam a superar vícios adquiridos sobre o conhecimento científico, instigando os sujeitos a compreenderem a Ciência de maneira complexa e madura; b) isso converge para percepções e posturas necessárias para o letramento científico; e c) o livro didático, como ferramenta essencial no ensino, pode levar os alunos a desenvolver habilidades de pensamento crítico, enquanto, paralelamente, oportuniza um entendimento mais amplo da Ciência e de seu papel na sociedade, principais posturas do sujeito cientificamente letrado.

No que diz respeito aos vícios, podemos defini-los, de modo abrangente, com base no trabalho de Pérez *et al.* (2001), como estereótipos acerca da construção do conhecimento científico. Esses estereótipos estão sedimentados, com diferentes gradações, no imaginário dos alunos, adquiridos em consequência, muitas vezes, das reproduções em mídias, entretenimento popular (como filmes e programas de televisão), na publicidade e, ainda, no ensino formal das escolas, quando estratégias de ensino enfatizam a memorização de fatos e informações, em vez de promover a compreensão do processo científico e da natureza social da Ciência.

Nos livros didáticos, esses vícios e deturpações, por vezes, não se apresentam de forma clara e objetiva, mas implicitamente, especialmente quando negligenciam o caráter amplo da construção dos saberes neles contidos. Isso ocorre em razão de que muitos desses livros, tal qual apontado por Acevedo *et al.* (2005), tendem a priorizar

[...] conteúdos conceituais que são regidos pela **lógica interna da Ciência** e têm esquecido a formação sobre a própria Ciência; isto é, sobre o que é a Ciência, seu funcionamento interno e externo, como se constrói e desenvolve o conhecimento que produz, os métodos que usa para validar este conhecimento, os valores implicados nas atividades científicas, a natureza da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações da sociedade com o sistema tecno científico e, vice-versa, **as contribuições deste à cultura**

e ao progresso da sociedade (ACEVEDO *et al.*, 2005, p. 122-123, tradução e grifos nossos).

Quando os conteúdos são apresentados pelos livros didáticos levando em conta apenas aspectos internos da Ciência de maneira pontual e conteudista, como as biografias dos cientistas, as anedotas sobre suas descobertas, os inventos técnicos que facilitam suas pesquisas, ou os modelos atômicos que explicam a estrutura da matéria, geram descontextualização e a desumanização da Ciência, ocasionando a uma visão distorcida e simplificada da sua natureza e de seu papel na sociedade. Destarte, o livro didático de Ciências, se não desenvolver percepções viciosas relativas à natureza da Ciência nos alunos, no mínimo, reforçará as já existentes, trazidas por eles.

Certamente, como dito anteriormente neste estudo, não temos a intenção de cair no essencialismo sobre a natureza da Ciência nos livros didáticos, conquanto reconheçamos que tal natureza envolve diferentes óticas e abordagens filosóficas, que nem sempre convergem. Entretanto, acreditamos que, considerando o estágio de desenvolvimento cognitivo dos alunos, é conveniente abordar o tema, nos livros, de forma acessível e contextualizada, utilizando, por um lado, exemplos concretos e relacionados ao cotidiano deles, ao passo que são expostos aqueles aspectos essenciais em que verificamos um amplo consenso da comunidade científica atinente à Ciência, intentando aproximar os alunos de uma fronteira epistemológica prudente.

Nessa direção, distinguindo os vícios e deformações, podemos elencar alguns aspectos no tocante à concepção “adequada” da Ciência que não somente vão em sentido contrário a essas deformações, mas que também possam confrontá-las, desmistificando-as. Isso passa, necessariamente, por levantar aquelas características que são, se não essenciais, pelo menos consensuais acerca da construção da Ciência como já discutido acima.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa documental foi adotada por ter características essenciais do trabalho científico, com possibilidade de fazer uma análise mais cuidadosa dos capítulos dos Livros Didáticos (LD), que é a empiria desta pesquisa. Segundo Caulley (1981), a análise documental é uma técnica de pesquisa que consiste em examinar documentos com o objetivo de identificar informações relevantes e factuais relacionadas a uma determinada questão ou hipótese de interesse. Essa técnica pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento, tais como História, Sociologia, Ciência Política, entre outras. Nesse tipo de pesquisa, é preciso selecionar os documentos que serão examinados e definir as questões e hipóteses que a orientarão.

No que tange o nosso propósito, os livros didáticos podem ser apreciados como documentos sujeitos a análise documental, uma vez que são documentos escritos, sendo construções e registros de conhecimento confiável e fundamentados em evidências, pois têm como base dados concretos e não opiniões ou conjecturas e são destinados ao ensino e aprendizado de determinada disciplina ou assunto. Dessa forma, podem ser usados como fontes de informação em pesquisas e análises documentais, já que, como qualquer documento, devem ser entendidos como suportes que contenham “[...] informação registrada, formando uma unidade, que possa servir para consulta, estudo ou prova” (APPOLINARIO, 2009, p. 67).

Por serem produtos humanos sócio-históricos, é possível verificarmos como o conhecimento é apresentado, as visões de mundo que são transmitidas, as perspectivas políticas e ideológicas que permeiam a obra, dentre outros aspectos. Dessa forma, os livros didáticos são uma fonte primordial de informação para a compreensão de determinado conceito ou ótica, e a análise documental pode ajudar a reconhecer como a História e a Filosofia são tratadas na obra.

Nessa seara, partindo desse tipo de pesquisa, realizou-se um mapeamento dos LD’s de Ciências da Natureza selecionados pelo PNLD 2021, uma vez que atendem a BNCC, que

trazem o conteúdo de radioatividade, com o objetivo de analisar a abordagem histórica e filosófica, fazendo uso dos aspectos fundamentais do trabalho científico. A seleção do conteúdo relacionado à radioatividade neste trabalho justifica-se devido à sua natureza como um rico conjunto de conhecimentos que proporciona uma sólida base para uma análise histórica e filosófica da ciência. Essa abordagem contempla descobertas científicas notáveis, mudanças paradigmáticas, influências na tecnologia e na sociedade, considerações éticas e o dinamismo da colaboração científica em âmbito internacional. Da seleção dos livros didáticos de Ciências da Natureza, contendo os conhecimentos de Química do Ensino Médio, que possuem o conteúdo de radioatividade, as coleções abrangem as editoras Moderna, SM, FDT e Scipione. No total, foram mapeadas cinco coleções, com 6 livros cada uma, totalizando 30 livros, todos do ano de 2020. As coleções analisadas foram Diálogo e Moderna plus, (ambas da editora Moderna), Multiverso (FDT), Ser protagonista (SM) e Matéria, energia e vida (Scipione).

Após criteriosa leitura foram selecionados 05 (cinco) livros (que no decorrer deste estudo foram codificados de LD 1, LD 2, LD 3, LD4 e LD 5. Os critérios de inclusão dos livros na pesquisa foram: a) livros do Ensino Médio de Ciências da Natureza do PNLD de 2021 que atendem à BNCC; b) abordagem do conteúdo de radioatividade com mais profundidade; c) enfoque histórico e filosófico da construção do conhecimento científico; e, d) introdução e contextualização histórica e implicações éticas, sociais e filosóficas dos avanços científicos no que se refere à radioatividade.

Quadro 1- Dados de identificação e links para acesso aos livros didáticos analisados quanto a abordagem histórica e filosófica do conteúdo de radioatividade no PNLD 2021.

Dados de identificação dos LD	Link de acesso
(LD1) Energia e sociedade: uma reflexão necessária - Col. Diálogo - Ed. Moderna - Ano 2020	https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo . Acesso em: 09 de mar. de 2023
(LD 2) Universo e evolução – Col. Moderna Plus – Ed. Moderna - 2020	https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/moderna-plus . Acesso em: 09 de mar. de 2023
(LD 3) Ciência, tecnologia e cidadania – Col. Multiverso – Ed. FDT - 2020	https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/ . Acesso em: 09 de mar. de 2023
(LD 4) Composição e estrutura dos corpos – Col. Ser Protagonista – Ed. SM - 2020	https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias . Acesso em: 09 de mar. de 2023
(LD 5) Materiais, luz e som: modelos e propriedades – Col. Matéria, Energia e Vida – Ed. Scipione - 2020	https://azure.edocente.com.br/colecao/colecao-materia-energia-e-vida-uma-abordagem-interdisciplinar-scipione-20212/ . Acesso em: 09 de mar. de 2023

Legenda: PNLD – Programa Nacional do Livro Didático; LD - Livro Didático. Fonte: Dos próprios autores.

A partir desses exemplares, retiraram-se excertos e criou-se um quadro (Quadro 4), que foi analisado de acordo com os aspectos basilares do trabalho científico consoante Pérez *et al.* (2001), sendo:

- a) recusa da ideia de “método científico” absoluto e mecânico – destaca que a existência de um “método científico” único e universalmente aplicável é averso à construção do saber científico. Devemos reconhecer que não existe um conjunto de regras infalíveis e exaustivas que possam ser aplicadas de forma mecânica e que a Ciência é um empreendimento complexo e multifacetado;

- b) recusa de uma origem sensorial dos conhecimentos científicos – isso se refere à recusa do empirismo, que leva em conta o conhecimento como resultado da inferência indutiva a partir de “dados puros”. Segundo o autor, esses dados não têm sentido em si mesmos e precisam ser interpretados à luz de um sistema teórico. Portanto, a investigação científica e a coleta de dados são guiadas por referências teóricas ou paradigmas que são aceitos pela comunidade científica;
- c) salientar o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente – o autor argumenta que o pensamento divergente envolve a formulação de hipóteses e modelos, bem como a concepção de experimentos, e que não se deve raciocinar em termos de certezas baseadas em evidências, mas sim em termos de hipóteses que são testadas de maneira rigorosa, dado que não há princípios normativos universais para aceitar ou rejeitar hipóteses, nem para explicar as mudanças no conhecimento científico;
- d) a coerência global - sublinha a necessidade de questionar sistematicamente os resultados obtidos e o processo usado para obtê-los, o que leva a revisões contínuas na tentativa de obter os mesmos resultados por diferentes abordagens. A validade dos conceitos e teorias é alicerçada em sua aplicabilidade, quer dizer, sua capacidade de descrever fenômenos corretamente, fazer previsões e abordar novos problemas, embora essa validade não implica em certeza absoluta ou verdade inquestionável. As teorias científicas são criadas e construídas para serem questionadas, confrontadas com o mundo real e sujeitas à falsificabilidade;
- f) compreender o carácter social do desenvolvimento científico – a Ciência não ocorre em um vácuo, é influenciada por fatores sociais, históricos, culturais e políticos, isto é, não acontece à margem da sociedade, contudo, sua dinâmica é influenciada pelos problemas e circunstâncias do momento histórico. Do mesmo modo, a ação dos cientistas também tem impacto no meio físico e social em que estão inseridos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme o levantamento da nossa pesquisa, todos os LD's analisados apresentam algum dos aspectos essenciais do trabalho científico sinalizados por Pérez *et al.* (2001). O único aspecto que não identificamos foi a recusa da ideia de “método científico” absoluto e mecânico. No entanto, ao examinarmos os quadros, foi possível percebermos que o LD 1 (SANTOS, 2020), o LD 3 (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020) e o LD 5 (MORTIMER *et al.*, 2020) avultam uma “recusa de uma origem sensorial dos conhecimentos científicos” de forma implícita e explícita. Isso fica evidente nesses excertos, quando sugerem que o desenvolvimento da radioatividade não se apoiou apenas na observação direta dos sentidos, todavia, também em processos cognitivos mais complexos, como a interpretação, a teorização e a inferência.

Nesse âmbito, o Quadro 2 expõe os excertos selecionados do LD 1:

Quadro 2 – Excertos selecionados do LD 1 em pesquisa sobre a radioatividade

LIVRO	ORDEM	EXCERTOS
LD 1	I	O físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) formulou uma hipótese para explicar a emissão de partícula beta a partir da desintegração de um nêutron instável. De acordo com essa hipótese, o nêutron instável (0_1n) dá origem a um próton (1_1p), que permanece no núcleo atômico, e a uma partícula beta (${}_{-1}^0\beta$) e um neutrino (${}^0_0\nu$), que escapam do núcleo. Por essa razão, o número atômico do átomo aumenta em uma unidade e sua massa permanece a mesma (SANTOS, 2020, p. 98).

	II	A princípio, um exame de raios X pode parecer perigoso, especialmente quando nos deparamos com palavras como “partículas radioativas”. No entanto, esse exame é seguro para o paciente; o risco oferecido por essa técnica é praticamente nulo, pois a dose de radiação envolvida é baixa. Esse exame deve ser evitado apenas em crianças muito pequenas ou em gestantes e exige cuidados adequados para os técnicos de radiologia, os quais ficam expostos diariamente à radiação. Os raios X são um tipo de radiação com alta capacidade de penetração, ou seja, atravessam com facilidade a maioria dos materiais, inclusive órgãos e tecidos moles, como a pele e o músculo, e são absorvidos parcialmente por materiais densos, como os ossos. Portanto, o contorno ósseo que vemos nas radiografias representa a radiação que não alcançou a placa de filme (SANTOS, 2020, p. 92).
	III	Os efeitos negativos da exposição à radioatividade ainda eram pouco conhecidos na época de Roentgen – prova disso foram as mortes do físico francês Henri Becquerel (1852-1908) e da física polonesa Marie Curie (1867-1934), ambas provocadas pelo contato prolongado e desprotegido com materiais radioativos. No entanto, com o avanço da Ciência, as técnicas medicinais, por exemplo, que utilizam as propriedades radioativas, foram aperfeiçoadas e outras foram criadas. Como resultado, atualmente, a radioatividade apresenta diversas aplicações na medicina, das mais básicas às mais complexas, tanto no diagnóstico de doenças como em seus tratamentos (SANTOS, 2020, p. 100).
	IV	Em um edifício público abandonado, no município de Goiânia (GO), no ano de 1987, dois jovens encontraram uma máquina que continha um material azul e brilhante. Tratava-se do césio-137 (Cs-137), um elemento altamente radioativo. O grave acidente trouxe consequências à saúde de mais de 1 000 pessoas, inclusive de oficiais militares, médicos e peritos. Casas foram demolidas, objetos pessoais e mesmo o solo precisaram ser retirados e isolados, provocando danos econômicos e ambientais (SANTOS, 2020, p. 108).

Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, o Quadro 3 exibe as seleções feitas do LD 2:

Quadro 3 – Excertos selecionados do LD2

LIVRO	ORDEM	EXCERTOS
LD 2	I	A incidência de radiação sobre um tecido humano pode induzir o aparecimento de câncer. Então surge a dúvida: por que a Medicina utiliza radiação no tratamento de certos casos dessa doença? Uma dose controlada de radiação incidindo apenas no local do tumor pode matar preferencialmente as células cancerosas, sendo o princípio da radioterapia, uma das aplicações pacíficas da radioatividade. Nessa técnica são usados os raios gama provenientes de emissores gama apropriados (Tabela 2). Como a radiação utilizada também pode matar células que não fazem parte do câncer – produzindo efeitos colaterais como náuseas, vômitos e queimaduras na pele – os médicos procuram direcionar as radiações com a máxima precisão possível para a região do câncer (AMABIS <i>et al.</i> , 2020, p. 136).
	II	Após o início da Segunda Guerra Mundial, os interesses sobre fissão nuclear aumentaram devido à possível aplicação bélica. Nos Estados Unidos, um grupo de cientistas chefiados por Julius Robert Oppenheimer (1904 -1967) construiu uma bomba de fissão, ou bomba atômica (bomba A), que foi testada na manhã de 16 de julho de 1945, no deserto do Novo México. Alguns dias depois (6 de agosto de 1945), uma bomba atômica de fissão de urânio -235 foi detonada na cidade japonesa de Hiroshima (Fig. 8). Três dias depois, outra

		bomba atômica, dessa vez de fissão de plutônio -239, foi explodida sobre Nagasaki (AMABIS <i>et al.</i> , 2020, p. 137).
	III	Aproveitar a energia da fusão nuclear para geração de energia elétrica em usinas seria extremamente vantajoso, pois o deutério e o trítio podem ser obtidos a partir da água do mar e o produto é menos perigoso que o lixo nuclear da fissão, contendo como radioisótopo apenas o trítio que eventualmente tenha restado. No entanto, ainda não existe tecnologia para realizar a fusão nuclear de maneira segura e controlada, embora existam estudos em andamento (AMABIS <i>et al.</i> , 2020, p. 139).
	IV	A elevada meia-vida dos isótopos produzidos nos reatores nucleares significa que o lixo nuclear emitirá radiação por várias gerações. Atualmente, muitos resíduos nucleares são armazenados no local em que são produzidos, enquanto os países desenvolvem planos para instalações subterrâneas para armazenamento de longo prazo (AMABIS <i>et al.</i> , 2020, p. 139).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em continuidade, os excertos do LD 3:

Quadro 4 – Excertos selecionados do LD 3

LIVRO	ORDEM	EXCERTOS
LD 3	I	A Ciência é uma construção coletiva. A descoberta de um cientista pode dar subsídios e incentivar, confirmar, ou até mesmo contradizer o resultado de outro. A construção dos conhecimentos sobre a radioatividade é um claro exemplo dessa coletividade científica (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020, p. 96).
	II	Com base nos experimentos do físico alemão Heinrich Geissler (1814-1879), o físico britânico William Crookes (1832-1919), por volta da década de 1870, estudava a condução da eletricidade por gases em um tubo de vidro com vácuo parcial. Ele percebeu que quando os gases no interior do tubo eram atingidos por um feixe de elétrons, havia emissão de luz. Ele chamou esse feixe de elétrons de raios catódicos (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020, p. 96).
	III	Embora a utilização da radioatividade tenha marcas negativas na história, pesquisas e tecnologias associadas a pensamentos éticos e responsáveis permitem seu uso de maneira pacífica, gerando benefícios em diversas áreas, como na medicina, na química, na arqueologia, na indústria de alimentos, entre outras (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020, p. 99).
	IV	Interessada nos trabalhos de Becquerel, a física polonesa Marie Skłodowska Curie (1867-1934) e seu marido, o físico francês Pierre Curie (1859-1906), aprofundaram-se nos estudos dos materiais que emitem radiação, fazendo uma pioneira descrição da radioatividade. Durante estes estudos, Pierre e Marie Curie descobriram um mineral com propriedades radioativas mais intensas que o urânio. Desse mineral, eles conseguiram extrair e descobrir dois novos elementos, o polônio e o rádio. Após a morte de Pierre, Marie seguiu com os trabalhos e investigações desses dois novos elementos. Ela precisou vencer uma série de barreiras impostas pela sociedade científica dominada por homens em sua época, sendo a única mulher a receber dois prêmios Nobel. Até hoje, somente outras três pessoas conseguiram esse feito. Ela foi a pesquisadora que mais contribuiu nos estudos da radioatividade, termo por ela criado. Marie Curie faleceu em decorrência dos efeitos da exposição aos materiais radioativos com os quais trabalhou durante sua vida (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020, p. 97).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Trazemos, também, as seleções do LD 4, no quadro que segue:

Quadro 5 – Excertos selecionados do LD 4

LIVRO	ORDEM	EXCERTOS
LD 4	I	A descoberta dos raios X se deu em 1896, com os experimentos realizados pelo físico e engenheiro alemão Wilhelm Röntgen (1845-1923). Para testar os raios X, Röntgen pediu à esposa que deixasse a mão, por um período de 15 minutos, sob a incidência desses raios. A imagem que se formou, em um filme fotográfico sensibilizado pela radiação, é considerada a primeira radiografia da história. Dois meses depois, o físico francês Antoine Henri Becquerel (1852-1908) fez um experimento para investigar se existia algum elemento na natureza que emitisse raios X e outros tipos de radiação de forma espontânea. Nesse experimento, ele verificou a sensibilização de um filme fotográfico exposto a amostras de diversos materiais. Os resultados obtidos por Becquerel mostraram que a maioria dos elementos testados não sensibilizava o filme. Apenas o urânio emitia radiação sem que fosse necessário nenhum tipo de ação externa. Com o passar do tempo, foram descobertos outros elementos com propriedade semelhante à do urânio. O tório teve suas propriedades radioativas descobertas em 1898, pelo químico alemão Gerhard Carl Schmidt (1865-1949) e pela física polonesa Marie Curie (1867-1934), que pesquisavam de modo independente. O polônio e o rádio foram descobertos, em 1898, pelo casal Pierre Curie (1859-1906), físico francês, e Marie Curie (FUKUI <i>et al.</i> , 2020, p. 52).
	II	A radioatividade e a radiação são frequentemente associadas a armas, como a bomba atômica, ou a acidentes, como o de Chernobyl (na Ucrânia, à época uma das repúblicas da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, a URSS), em 1986, e o de Goiânia (GO), em 1987. No entanto, existem muitas aplicações benéficas da radiação: usinas nucleares produzem energia elétrica; a agricultura utiliza técnicas de radiação para melhorar a qualidade das sementes e tratar produtos agrícolas contra pragas; e na medicina, os elementos radioativos são empregados em exames, como a cintilografia mencionada anteriormente, e em terapias para tratamento de câncer, por exemplo (FUKUI <i>et al.</i> , 2020, p. 52).
	III	Com a descoberta das desintegrações nucleares, surgiu a possibilidade de transformar elementos artificialmente, mas com outro objetivo: aproveitar a energia presente nos componentes do núcleo. A energia nuclear passou a ser empregada em diversas atividades, desde a geração de energia elétrica para consumo residencial e industrial até terapias contra o câncer (FUKUI <i>et al.</i> , 2020, p. 55).
	IV	Na cintilografia, o material radioativo é ministrado ao paciente por via oral ou é injetado em sua corrente sanguínea, o que possibilita a visualização do órgão que se quer examinar. Se esse órgão estiver afetado por alguma doença, ele reagirá absorvendo mais (ou menos) material. Posteriormente, o aparelho de cintilografia faz um rastreamento do corpo analisando o padrão de radioatividade, e, assim, constrói as imagens mostrando onde há maior acúmulo da substância, por exemplo (FUKUI <i>et al.</i> , 2020, p. 51).

Fonte: Elaborado pelos autores.

E, por fim, os recortes feitos do LD 5 estão no quadro abaixo:

Quadro 6 – Excertos selecionados do LD 5

LIVRO	ORDEM	EXCERTOS
LD 5	I	No final do ano de 1895, Wilhelm Röntgen (1845-1923) descobriu os raios X. Em seu experimento em tubos de raios catódicos, nas paredes de vidro

		dos tubos de descarga à baixa pressão, uma luz esverdeada surgia na região atingida por raios que saíam do cátodo. Como se tratava de um fenômeno ainda desconhecido, o físico e matemático Henri Poincaré (1854-1912), em uma reunião da Academia Francesa de Ciências, conjecturou que o vidro deveria estar emitindo os raios X e se tornava fluorescente ao fazê-lo. Nessa reunião, ele questionou se outros materiais luminescentes não poderiam igualmente emitir raios X. Em poucas semanas, então, diversos pesquisadores começaram a buscar evidências para a emissão de raios X por substâncias fluorescentes e fosforescentes (MORTIMER <i>et al.</i> , 2020, p. 132).
	II	O desenvolvimento das pesquisas em radioatividade por Marie Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906), Ernest Rutherford (1871-1937) e Frederick Soddy (1877-1956) acabou levando à descoberta de que os átomos radioativos eram instáveis e se desintegravam em outros tipos de átomos, emitindo, principalmente, três tipos de “raios”, inicialmente de natureza desconhecida, que foram nomeados por Rutherford como alfa, beta e gama (MORTIMER <i>et al.</i> , 2020, p. 133).
	III	As radiografias ou raios-X, como são conhecidas popularmente, são exames de imagem que utilizam radiação em baixas doses para identificar, de forma rápida e não invasiva, alterações como fraturas ósseas, lesões e tumores. De forma geral, algumas estruturas e órgãos do corpo humano possuem densidades diferentes. Ao serem expostos aos raios X, as estruturas e os órgãos mais densos bloqueiam a passagem da maior parte da radiação, resultando em uma “sombra” branca (MORTIMER <i>et al.</i> , 2020, p. 156).
	IV	Um dos itens presentes no quadro que você construiu na Atividade 2 tem como parâmetro uma dose correspondente ao passar um dia em uma cidade próxima à usina de Fukushima, no Japão. Nessa usina houve um grande desastre nuclear, em 11 de março de 2011. Após um terremoto de grande magnitude, seguido por um tsunami que atingiu várias cidades, o desastre deixou 15,8 mil mortos, além de 2,5 mil pessoas desaparecidas e cerca de 6 mil feridos (MORTIMER <i>et al.</i> , 2020, p. 152).

Fonte: Elaborado pelos autores.

No âmbito geral da abordagem da histórica e filosófica da Ciência, ao enfatizar a recusa de uma origem sensorial, o livro didático auxilia a desmistificar a ideia de que a Ciência é simplesmente uma questão de observar os fatos diretamente. Isso passa, necessariamente, em frisar a necessidade de referentes teóricos na construção do saber científico, ressaltando que os problemas científicos não são dados prontos, mas “situações problemáticas” que requerem formulação precisa. Isso implica em fazer escolhas metodológicas e clarificar objetivos, levando em consideração o corpo de conhecimentos existente no campo específico de estudo. Tal postura evita uma concepção deformada da Ciência, na qual se acredita que os cientistas simplesmente “veem” a verdade objetiva, podendo levar a uma visão aproblemática, em que

transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem (PÉREZ *et al.*, 2001, p. 131).

É possível notarmos a recusa de uma origem sensorial do conhecimento científico no excerto II do LD 3 (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020, p. 96) de maneira implícita. Não obstante sejam perceptíveis aspectos nitidamente empíricos, é plausível aclararmos que o

experimento de Crookes envolveu não apenas a observação direta dos gases e da condução elétrica, mas também a interpretação dos resultados e a formulação de uma hipótese (a existência dos raios catódicos). Tal constatação vai além da mera observação sensorial e demonstra como a Ciência incorpora processos cognitivos mais complexos.

No entanto, a ênfase em um empirismo no recorte não pode ser negada. No excerto, bem como nas informações que orbitam ele no livro, esse aspecto de uma “recusa de uma origem sensorial dos conhecimentos científicos” não fica bem clara para o leitor. A página do livro da qual esse trecho foi tirado (página 96) é uma linha do tempo que aponta a contribuição de Crookes para a descoberta dos raios catódicos dentro do desenvolvimento histórico da radioatividade. A abordagem histórica aqui é tendenciosa, posto que sobreleva somente os aspectos que se encaixam em uma visão progressiva da Ciência, na qual o conhecimento científico é visto como uma evolução constante em direção a um estado de maior conhecimento e racionalidade.

Já o excerto I do LD 1 (SANTOS, 2020) menciona que o físico Enrico Fermi formulou uma hipótese para explicar a emissão de partícula beta a partir da desintegração de um nêutron instável. A formulação de hipóteses é uma etapa fundamental no método científico, pois permite aos cientistas proporem explicações plausíveis para fenômenos observados ou questões em aberto. Porém, a formulação dessa conjectura não ocorreu sem interpretação e análise de dados e informações sistematicamente organizados e coletados.

O fato de o excerto aludir que o cientista levantou uma “hipótese” ajuda a levar o aluno a compreender que essa possibilidade pressupõe um corpo de conhecimentos prévios que o auxiliaram a constituir sua hipótese. Podemos averiguar uma ênfase, embora tímida, de certa recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos unicamente como resultados da inferência indutiva, uma vez que, no excerto, a hipótese levantada por Enrico Fermi implicou que houve uma pesquisa científica que se baseou em descobertas e teorias já estabelecidas nesse campo e o cientista em questão, por seu turno, apenas usou-as como ponto de partida para novas investigações e propor sua teoria. Nesse ínterim, é possível percebermos que a “recusa de uma origem sensorial dos conhecimentos científicos” ainda é tímida e necessita de intervenção do professor para deixá-la explícita aos alunos.

Se, por um lado entendemos que o capítulo do livro do qual foi retirado o recorte citado não destaca como essa hipótese foi formulada, quais informações e dados Enrico Fermi utilizou para levantar essa hipótese, já que consumiria muitas páginas, por outro, acreditamos que deveria ser referido que essa hipótese foi formulada assentada em observações e evidências experimentais disponíveis na época e que ela propiciou uma explicação plausível para os fenômenos observados, posteriormente testada e refinada com novas observações, experimentos e hipótese ao longo do tempo. Deveria ser enfatizado, também, que a hipótese em questão está sujeita a um diálogo com outros pesquisadores no decorrer do tempo, com suas observações e questionamentos. Esses pesquisadores podem identificar lacunas no conhecimento e formular perguntas relevantes para ele, contribuindo para o avanço desse campo, levando o aluno a divisar que as hipóteses dos cientistas

[...] constituem, inicialmente, “situações problemáticas” confusas: o problema não é dado, sendo necessário formulá-lo de forma precisa, modelando a situação, fazendo determinadas opções de forma a simplificá-lo (PÉREZ *et al.*, 2001, p. 131).

No que tange ao aspecto que destaca o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente de Pérez *et al.* (2001), foi possível depreendermos esta categoria nos seguintes livros didáticos: excerto III do LD1 (SANTOS, 2020); excerto I do LD 3 (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020); e excerto II do LD 5 (MORTIMER *et al.*, 2020).

No excerto III do LD 1 (SANTOS, 2020), conseguirmos distinguir como o conhecimento sobre os efeitos da radioatividade evoluiu ao longo do tempo. A categoria supracitada pode ser associada a este excerto, uma vez que, ao abordar a evolução dos conhecimentos sobre os efeitos da radioatividade ao longo do tempo, sugere que o desenvolvimento da Ciência é um processo complexo e multifacetado, influenciado por uma variedade de fatores. O fato de não haver conhecimentos suficientes para alertar acerca dos perigos da radioatividade na época de Henri Becquerel e da física polonesa Marie Curie, e que, posteriormente, houve o aperfeiçoamento dos conhecimentos a respeito desse fenômeno sugere que houve uma avaliação subjetiva por parte da comunidade científica ao longo do tempo, em uma dinâmica de aceitação ou recusa de hipóteses concernentes à radioatividade, até culminar em conhecimentos que resultassem em aplicações e manuseios seguros.

De fato, devemos conceber a dinâmica científica em termos de tentativas de explicações e levantamento de hipóteses – o que implica em discussões e atrito de ideais ou concepções contrárias – em virtude de que as descobertas ou abordagens metodológicas podem levar a uma reavaliação e até mesmo a uma revisão completa de concepções científicas estabelecidas, pois a dinâmica do pensamento científico não envolve

[...] certezas, mais ou menos baseadas em “evidências”, **mas em termos de hipóteses**, que se apoiam, é certo, nos conhecimentos adquiridos (e não só), mas que são **abordadas como simples “tentativas de resposta”** que serão postas à prova da forma mais rigorosa possível (PÉREZ *et al.*, 2001, p. 136, grifos nossos).

No excerto I do LD 3, o papel da investigação ao pensamento divergente é mais evidente. Realçamos dois aspectos importantes apresentados pelo excerto: o carácter coletivo da Ciência e a dinâmica de autorrevisão de seus saberes acumulados. Ao avultar o carácter coletivo da Ciência, associando-o ao desenvolvimento da radioatividade, o trecho mostra que o processo de construção dos saberes científicos é fruto de uma colaboração contínua entre cientistas e que a própria Ciência possui um carácter “comunitário”, isto é, uma rede de comunicação e colaboração que necessita da troca de ideias, conhecimentos e experiências, levando a descobertas mais significativas e avanços, tanto na Ciência como um todo, quanto em saberes científicos específicos aparentemente isolados.

Essa concepção de que a Ciência é uma “comunidade” ajuda a evitar ponderações equivocadas referentes à própria Ciência e do seu desenvolvimento, muito comuns no imaginário dos alunos, conectadas à ideia de que a Ciência é feita de maneira isolada, por gênios que passam parte expressiva do seu tempo “pensado o mundo”.

O mesmo pode ser encontrado no excerto II do LD 5, embora não de modo tão evidente. O recorte somente indica os cientistas e a contribuição destes para a investigação dos fenômenos relacionados à radioatividade e suas contribuições. Apesar de haver, na época dos cientistas Pierre Curie, Ernest Rutherford e Frederick Soddy – que são contemporâneos – discussões e contribuições que explicassem um fenômeno ainda pouco conhecido, esse fato não fica explícito no excerto. Os cientistas citados no trecho, salientados devido suas maiores contribuições, foram capazes de questionar as explicações existentes, formular hipóteses alternativas e conduzir experimentos para testar suas ideias, enquanto apresentavam seus resultados e hipóteses para avaliação por seus pares em uma rede de comunicação que envolvia publicações em revistas, palestras, participando de sociedades científicas e por correspondências.

O LD que trouxe o aspecto atinente à coerência global, o qual Pérez *et al.* (2001) tomam como essencial para compreender a Ciência, foi apenas o LD 4 (FUKUI *et al.*, 2020). Esse aspecto refere-se a uma rede de diferentes áreas do conhecimento científico que devem estar em consonância umas com as outras. Isso demanda que os avanços em uma área não devem

contradizer ou entrar em conflito com os princípios estabelecidos em outras áreas do conhecimento, envolvendo, conforme Pérez *et al.* (2001),

[...] revisões contínuas na tentativa de obter esses mesmos resultados por diferentes caminhos e, muito particularmente, para mostrar coerência com os resultados obtidos noutras situações; [...] trata-se, sobretudo, da existência, ou não, de **coerência global com o corpo de conhecimentos vigente** (PÉREZ *et al.*, 2001, p. 137, grifo nosso).

No LD 4, excerto I, podemos deslindar timidamente esse aspecto. Ele traz uma sequência de descobertas, experimentos e hipótese realizados por diferentes cientistas ao longo do tempo. Essa sequência de descobertas relacionadas aos raios X, radiação e elementos radioativos demonstra a continuidade do conhecimento científico dentro de um mesmo corpo de conhecimentos. Ou seja, diferentes cientistas, em diferentes momentos, contribuíram, a partir dos conhecimentos anteriores, expandindo e aprofundando o entendimento sobre o fenômeno da radioatividade.

Ao mesmo tempo, converge, nesse mesmo recorte, outro ângulo da Ciência analisado em outros excertos. Percebemos, por exemplo, o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente, uma vez que a sequência de contribuições individuais dos cientistas para o fenômeno da radioatividade foi filtrada por uma rede de discussões e debates da comunidade científica. Outrossim, independentemente de os panoramas encontrados nas passagens indicarem a presença de uma abordagem histórica e filosófica relativa ao desenvolvimento da radioatividade, a sequência de descobertas no excerto acima mencionado também transmitiu uma visão acumulativa de crescimento linear da Ciência. Notamos uma progressão cronológica das descobertas relacionadas à radioatividade, começando com a descoberta dos raios X, por Wilhelm Röntgen, em 1896.

Esta concepção de progressão cumulativa pode levar visões deformadas tangentes à Ciência associada a uma linearidade do desenvolvimento científico, que ignora as crises, remodelações de ideias e revisões. No contexto da sala aula, a leitura desse texto, no livro, pelo aluno, pode levá-lo a uma compreensão

[...] simplista da evolução dos conhecimentos científicos, [...] ao apresentar os conhecimentos hoje aceitos sem mostrar como eles foram alcançados, não se referindo às frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança (PÉREZ *et al.*, 2001, p. 132).

O próximo aspecto investigado na pesquisa e encontrado nos LD's foi o de compreender o carácter social do desenvolvimento científico. Esse aspecto consensual sobre a Ciência foi identificado em todos os livros analisados. No que concerne à nossa investigação, no conteúdo relacionado à radioatividade, conseguimos averiguar elementos que levaram a constatar o quadro acima, tais como: a) uma ênfase nas descobertas acerca do fenômeno da radioatividade com o potencial de impactar certas dimensões da sociedade, como melhorias tecnológicas e avanços médicos; a compressão de que o desenvolvimento dos efeitos nucleares também foi moldado por necessidades e demandas da sociedade; e, b) a menção a momentos históricos que envolveram o uso bélico dos conhecimentos nucleares, levantando considerações éticas e políticas.

Dos excertos separados e analisados, observamos tais elementos no LD 1, excerto II e IV; LD 2, excertos I, II, III e IV; LD 3, excerto III e IV; LD 4, excertos II, III e IV; e LD 5, excertos III e IV. Todos eles, em algum momento do conteúdo de radioatividade, deram ênfase

aos fatores sociais que orbitavam a demanda para investigações do fenômeno da radioatividade e os impactos das tecnologias derivadas da investigação desse fenômeno.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os excertos analisados apresentassem ao menos um dos aspectos que Pérez *et al.* (2001) tomaram como essenciais para compreender a Ciência, a mera identificação desses prismas em trechos pontuais nos livros não são suficientes para afirmar que os livros que separamos na pesquisa apresentam uma abordagem histórica e filosófica da Ciência satisfatória, embora reconheçamos os esforços e as limitações das atuais exigências do PNLD 2021. No tocante ao estudo, o conteúdo de radioatividade manifesta timidamente os aspectos supracitados, ao tomar, holisticamente, os capítulos dos respectivos livros que expõe o conteúdo. Isso pode ser verificado a) na ênfase que os livros dão aos saberes desse campo da Ciência, focando em fornecer apenas o conteúdo e informações consolidadas de maneira clara e acessível aos estudantes; b) na tentativa de cobrir o conteúdo de radioatividade em um espaço limitado, uma vez que, conforme o edital do PNLD 2021, os livros didáticos para o Ensino Médio devem possuir, no máximo, 160 páginas; e c) na simplificação dos conceitos científicos para torná-los mais acessíveis. As restrições mencionadas apresentam um desafio notável na abordagem histórica e filosófica da ciência. Uma abordagem viável pode envolver a utilização de recursos como livros dedicados a biografias de cientistas proeminentes, obras que tratam da história da química, narrativas sobre descobertas científicas relevantes e artigos científicos específicos, entre outros.

Constatamos que há uma tentativa de tratar historicamente e filosoficamente a Ciência nos livros. Entretanto, essa abordagem é muito restrita a eventos isolados, datas, nomes, cronologias e fatos históricos. Não obstante seja importante fornecer informações históricas relevantes para o desenvolvimento da radioatividade integradas ao conteúdo científico específico, entendemos que isso não é suficiente para que os alunos superem concepções equivocadas sobre a natureza da Ciência presentes em seu imaginário. As perspectivas divisadas nos livros, que permitem aos alunos alcançar uma compreensão mais sólida da Ciência, exigem a intervenção do professor.

Dessa forma, os aspectos apontados por Pérez *et al.* (2001), que orientaram nossa análise e que identificamos nos capítulos dos livros relativamente ao conteúdo de radioatividade, conquanto sejam abordados de maneira sutil, podem ser amplificados pelo professor durante as aulas e apresentações. No entanto, a maioria dos professores possui pouca formação inicial em história e filosofia da Ciência para interpretar esses livros e explorar seus conhecimentos em sala de aula, utilizando um entendimento da Ciência que se aproxime dos enfoques consensuais acerca da atividade científica destacados por Pérez *et al.* (2001). Como o desenvolvimento profissional e a prática de ensino de muitos professores dependem, em certa medida, das representações da Ciência apresentadas nos materiais didáticos, os livros que analisamos ainda oferecem poucos elementos que reforcem uma abordagem histórica e filosófica da Ciência em seus conteúdos, capazes de confrontar explicitamente as concepções equivocadas dos alunos em relação à natureza da Ciência.

Em relação à recusa da ideia de um “método científico” absoluto e mecânico, não encontramos elementos satisfatórios, como imagens ou textos, que sugerissem de forma explícita que a Ciência é uma atividade que faz uso de uma variedade de métodos e abordagens, adaptando-se às demandas específicas de cada campo e investigação. Pelo contrário, o viés dos conteúdos de radioatividade, dos quais extraímos alguns excertos para análise, pode dar a entender ao aluno que os conhecimentos ali expostos estão concluídos e são resultado de um único método que “deu certo”. Novamente, a intervenção do professor com alguma

compreensão sobre história e filosofia da Ciência se faz necessária para levar o discente a uma leitura aceitável a respeito do desenvolvimento dos saberes que ele está apreendendo.

Por fim, cumpre ressaltarmos que os elementos extraídos do estudo de Pérez *et al.* (2001) acerca da natureza da Ciência, os quais foram empregados nesta análise, são meramente consensuais. Reconhecemos que tais elementos estão sujeitos a questionamentos e revisões. Contudo, dada a complexidade da Ciência e sua dinâmica, que são de difícil apreensão para o nível de desenvolvimento dos alunos, concebemos que esses mesmos elementos empregados neste estudo podem ser considerados como ponto de partida para orientar a perspectiva dos professores e alunos, podendo ser ajustados às exigências de um ensino de Ciências com o intuito de minimizar concepções distorcidas sobre a Ciência.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, Jose Antonio *et al.* Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 121-140, 2005.

AMABIS, José Mariano *et al.* **Ciências da natureza e suas tecnologias**. Universo e Evolução. São Paulo: Moderna, 2020.

APPOLINÁRIO, Fabio. **Dicionário de metodologia científica**: um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo, Atlas, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

CAULLEY, Darrel N. Document analysis in program evaluation. **Evaluation and Program Planning**, v. 6, n. 1, p. 19-29, 1981.

EFLIN, Juli T.; GLENNAN, Stuart; REISCH, George. The Nature of Science: a Perspective from the Philosophy of Science. **Journal of research in science teaching**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 107-116, 1999.

FUKUI, Ana *et al.* **Ser protagonista**: ciências da natureza e suas tecnologias: Composição e estrutura dos corpos. São Paulo: Edições SM, 2020.

GODOY, Leandro; AGNOLO, Rosana Maria D.; MELO, Wolney. **Multiversos**: ciências da natureza. Cidadania Tecnologia e Ciência. São Paulo: Ftd, 2020.

LOPES, Alice Casimiro. **Currículo e Epistemologia**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo, EPU, 1986.

MARTINS, Roberto de Andrade. Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme, Filosofia e História das Ciências em Revista**, [S. l.], v. 10, p. 39-56, 2000.

MARTORANO, Simone Alves de Assis. **A transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema**. 2012. 360 f. Tese (Doutorado em Ensino de Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MORTIMER, Eduardo *et al.* **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar**. Origens: o universo, a terra e a vida. São Paulo: Scipione, 2020.

MOTTA-ROTH, Désirée. Letramento científico: sentidos e valores. **Notas de Pesquisa**, [S. l.], v. 1, p. 12-25, 2011.

OBREGÓN, Diana. Ciencia e historia de las ciencias. *In*: URIBE, Jaime Jaramillo; QUEVEDO, Emilio (orgs.). **Historia social de la ciencia en Colombia**. Tomo X. Colômbia: Colciencias, 1996. p. 543-56.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Sobre a utilização didática da história da ciência. *In*: PIETROCOLA, Maurício (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 151-170.

PÉREZ, Daniel Gil *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

SANTOS, Kelly Cristina dos. **Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias**. Energia e sociedade: uma reflexão necessária. São Paulo: Moderna, 2020.

VOGT, Carlos (org). **Cultura científica: desafios**. São Paulo: Edusp, 2006.