95
AmazOnia
243
ISSN (versão *online*): 2317-5125
Revista de Educação em Ciências e Matemáticas

A Física de partículas nos livros didáticos do PNLD 2021: uma análise sob as perspectivas CTS e da Natureza da Ciência

Particle Physics in PNLD 2021 Textbooks: An Analysis from the STS and Nature of Science Perspectives

Daniel Souza Oliveira[1]
Micael Campos Santos[2]
George Kouzo Shinomiya[3]
Maxwell Siqueira[4]

Resumo

A presente pesquisa investiga a abordagem da Física de Partículas Elementares (FPE) nos livros didáticos de Ciências da Natureza do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2021, por meio da integração entre a perspectiva Ciências-Tecnologia-Sociedade (CTS) e a Natureza da Ciência (NdC). Utilizando a Teoria da Transposição Didática de Chevallard e as etapas da Análise de Conteúdo de Bardin. Foram analisadas sete coleções de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, cada uma composta por seis volumes. Inicialmente, examinamos todos os exemplares aprovados no PNLD 2021 em busca do tópico da FPE. Constatamos que, das sete coleções, apenas três abordam os conhecimentos da Física de Partículas. Ao analisarmos a perspectiva CTS, observamos que apenas duas das obras abordam conteúdos de Física de Partículas com uma visão de Ciência-Tecnologia-Sociedade. Além disso, identificamos predominância de aspectos não epistêmicos, sobretudo em discussões sobre radioatividade, enquanto os aspectos epistêmicos revelam visões distorcidas do trabalho científico.

Palavras chave: física de partículas; livros didáticos; CTS; natureza da ciência.

Abstract

This research investigates the approach to Elementary Particle Physics (EPP) in the Natural Sciences textbooks of the National Program for Textbooks and Teaching Materials (PNLD) 2021, through the integration of the Science-Technology-Society (CTS) perspective and the Nature of Science (NdC). Using Chevallard's Theory of Didactic Transposition and Bardin's Content Analysis stages, we analyzed seven collections of Natural Sciences and their Technologies, each consisting of six volumes. Initially, we examined all the copies approved in the PNLD 2021 in search of the FPE topic. We found that, of the seven collections, only three

[1] Universidade Federal da Bahia | daniersouza456@gmail.com;
[2] Universidade Estadual de Santa Cruz | mcsantos.lfi@uesc.br
[3] Universidade Estadual de Santa Cruz | george@uesc.br
[4] Universidade Estadual de Santa Cruz | mrpsiqueira@uesc.br

address Particle Physics knowledge. When analyzing the CTS perspective, we observed that only two of the works address Particle Physics content with a Science-Technology-Society view. In addition, we identified a predominance of non-epistemic aspects, especially in discussions about radioactivity, while the epistemic aspects reveal distorted views of scientific work.
Keywords: particle physics; textbooks; STS; nature of science.

Introdução

Os avanços tecnológicos desenvolvidos nos grandes aceleradores de partículas têm contribuído e continuam contribuindo significativamente para diversas áreas do conhecimento. Um exemplo notável é o Sirius (superlaboratório de luz síncrotron de 4ª geração), localizado em Campinas (SP), no campus do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), que, devido a sua capacidade de análise e visualização, obteve imagens tridimensionais de estruturas de uma proteína fundamental para o ciclo de vida do coronavírus (Sars-CoV-2). Esses resultados evidenciam como tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) estão cada vez mais presentes em diferentes áreas, destacando o papel da Física de Partículas Elementares (FPE), cujas contribuições extrapolam a Física e evidenciam potencial para abordagens multi-interdisciplinares (Deosti et al., 2024).

Há mais de três décadas, autores como Terrazzan (1992); Valadares e Moreira (1998); Pinto e Zanetic (1999); Ostermann e Moreira (2000, 2001); Brockington (2005); Siqueira (2006, 2012); Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2012); Rodrigues, Guerra e Cristina (2015); Pereira, Guerini e Sá-Silva (2019); Milnitsky (2018, 2020), Vazata (2024) vêm ressaltando a necessidade de atualização dos currículos escolares. Vivemos no século XXI, mas a Física ensinada na Educação Básica, em grande parte, permanece limitada aos conteúdos até o século XIX. Termos como ondas gravitacionais, buracos negros, radiação cósmica, energia nuclear e aceleradores de partículas aparecem frequentemente nos noticiários, mas raramente chegam à sala de aula.

Nesse contexto, recursos educacionais, como os livros didáticos (LD) são importantes aliados no processo de ensino-aprendizagem, especialmente no desenvolvimento da criticidade. Distribuídos gratuitamente para a rede pública, por meio do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), tais materiais constituem, em muitos casos, como o principal recurso utilizado pelos docentes (Dominguini, 2010, 2011; Schivani; Souza; Lira, 2020; Rosa; Silva, 2021; Coelho; Moura, 2023). Reconhecendo sua relevância, há estudos como Dominguini (2012) Maximiano, Cardoso e Dominguini (2013) e Almeida (2019) que apontam o grande potencial dos LD para a inserção da FMC na Educação Básica. Contudo, estudos recentes indicam que, após as reformulações do PNLD 2021, os tópicos de FMC, em especial a Física de Partículas Elementares (FPE), tem sido pouco explorada nos LD de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Thiara et al., 2022; Oliveira; Siqueira, 2023).

Apesar do consenso na área de Ensino de Física sobre a relevância da FMC, tanto por seu caráter de constante desenvolvimento quanto por possibilitar abordagens na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), sua presença nos currículos ainda é limitada. Essa lacuna reforça a necessidade de uma educação científica orientada pela perspectiva CTS, articulada à Natureza da Ciência (NdC), que possibilite à sociedade um papel mais ativo nas discussões relacionadas aos rumos da ciência e da tecnologia. Nesse sentido, Bazzo (2014) destaca que,

embora novos produtos e tecnologias surjam diariamente, muitas vezes, apenas uma pequena parcela da população usufrui deles, enquanto as pesquisas que os originam, frequentemente financiadas com recursos públicos, permanecem distantes do conhecimento da maioria. Assim, a sociedade desconhece grande parte das pesquisas realizadas e, consequentemente, não participa das decisões relacionadas a elas.

Uma abordagem de FPE pautada nas perspectivas CTS e NdC, permite evidenciar como o conhecimento científico produzido se manifesta na contemporaneidade e influencia diretamente o cotidiano dos indivíduos. Isso inclui desde previsões teóricas que anteciparam resultados experimentais até o reconhecimento do caráter dinâmico da ciência e dos processos de validação de teorias (Ostermann; Moreira, 2001; Siqueira, 2006; Milnitsky, 2020). Tal perspectiva também favorece a compreensão sobre o que é ciência, sua história e seus propósitos (Martins, 2015; Coelho; Moura, 2023; Pretto; Goldschmidt; Richter, 2023), ressaltando a relevância de ensinar não apenas conteúdos científicos, mas também sobre a própria Ciência, suas práticas, seus métodos e impactos (Martins, 2015).

Dessa forma, a presente pesquisa se justifica como uma possibilidade de promover a Alfabetização Científica, alinhando-se à visão de Linsingen (2007, p. 13), que defende "fundamentalmente, possibilitar uma formação para maior inserção social das pessoas, no sentido de se tornarem ativas a participar dos processos de tomadas de decisões conscientes em assuntos que envolvam CTS". Nesse contexto, o ensino de FPE na perspectiva CTS e NdC pode contribuir não apenas para o desenvolvimento de conhecimentos científicos, mas também para a formação de cidadãos críticos, informados e participativos.

Assim, este estudo tem por objetivo investigar, a partir dos pressupostos da teoria da Transposição Didática, como os conhecimentos de FPE têm sido abordados e como estão articulados com a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e a Natureza da Ciência (NdC) nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2021.

A transposição didática e as relações com a perspectiva CTS e a Natureza da Ciência

A Transposição Didática (TD) constitui um dos principais referenciais teórico-metodológicos utilizados para analisar as transformações que ocorrem quando um conhecimento produzido no âmbito da comunidade científica, o saber sábio, é reconstruído para integrar programas curriculares e livros didáticos, tornando-se o saber a ensinar e, posteriormente, o saber ensinado (Chevallard, 1991; Alves Filho, 2000; Macedo; Gomes, 2024). Trata-se de um aporte que, há mais de duas décadas, tem orientado pesquisas em Ensino de Ciências, sobretudo na compreensão de como conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) são textualizados e escolarizados (Brockington, 2005; Siqueira, 2012; Sousa, 2015; Oliveira: Siqueira, 2023; Batista, 2024).

Segundo Chevallard (1991), a TD envolve um conjunto de transformações adaptativas pelas quais um conhecimento deve passar para se tornar ensinável. Essas transformações se distribuem em três patamares: (i) o saber sábio; (ii) o saber a ensinar; e (iii) o saber ensinado. O saber sábio corresponde ao conhecimento científico produzido e validado pela comunidade de especialistas, geralmente veiculado em artigos científicos, caracterizados por linguagem impessoal, apagamento do sujeito e ausência das contingências históricas de sua

construção. Ao ser transposto para o contexto escolar, esse conhecimento passa a compor o saber a ensinar, sendo reorganizado em livros didáticos, programas de ensino e manuais, muitas vezes adquirindo uma estrutura lógica, linear e atemporal. O último patamar, o saber ensinado, emerge das práticas do professor em sala de aula, influenciado pelas condições institucionais, culturais e organizacionais da escola processo que Alves-Filho (2000) denomina transposição didática interna, pois ocorre no interior da noosfera escolar.

Nesse percurso, o conhecimento é submetido a operações fundamentais que Chevallard (1991) nomeia como descontextualização, despersonalização e dessincretização conhecidos na literatura do Ensino de Ciências como os 3Ds da Transposição Didática (Alves Filho, 2000).

- A descontextualização refere-se à perda das condições históricas, sociais e epistemológicas que deram origem ao conhecimento, tornando-o *a-histórica* e *a-problemática*.
- A despersonalização consiste na eliminação das figuras dos cientistas, seus conflitos, controvérsias e trajetórias, criando uma imagem desumanizada e individualista da ciência.
- A dessincretização, por sua vez, reorganiza o conhecimento em unidades isoladas, fragmentadas e logicamente ordenadas, substituindo seu caráter integrado, instável e problemático por uma organização didática estática e dogmatizada.

Esses processos produzem, segundo Alves Filho (2000, p. 227), um conhecimento "com nova roupagem", que perde seu nicho epistemológico original e adquire um novo estatuto, o estatuto didático. A textualização do saber, apoiada por atributos como publicidade, programabilidade e controle social da aprendizagem, busca tornar o conteúdo ensinável, mas também tende a reforçar visões deformadas da ciência.

É precisamente nesse que se articula a TD com as discussões sobre Natureza da Ciência (NdC) e Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Os processos de descontextualização e despersonalização favorecem a disseminação de visões equivocadas sobre o trabalho científico, amplamente discutidas por Gil-Pérez et al. (2001), tais como: v*isão empírico-indutivista e ateórica da ciência; ideia de método científico rígido e infalível; visão a-histórica e acumulativa do conhecimento; imaginário individualista e elitista do cientista "gênio"; e compreensão socialmente neutra da ciência*. No entanto, vale salientar que as visões destacadas pelos autores evidenciam que são as mais evidentes, tendo outras visões não discutidas no presente estudo.

Em diálogo com a perspectiva CTS, Auler e Delizoicov (2001; 2015) discutem e conceituam os mitos do desenvolvimento científico-tecnológico, definidos como narrativas que reduzem e simplificam o papel da ciência na sociedade, podendo contribuir para ampliar as visões deformadas da Ciência. Esses mitos incluem *o modelo tecnocrático de decisões*, que considera que apenas especialistas devem decidir sobre questões sociotécnicas; *a perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia*, que atribui à ciência e tecnologia (CT) a solução automática para todos os problemas sociais; e o *determinismo tecnológico*, que naturaliza o desenvolvimento científico-tecnológico como inevitável e linear. Esses mitos derivam do que os autores chamam de "mito original": a *visão socialmente neutra da ciência*, que também emerge dos 3Ds da TD.

Dessa forma, a articulação entre *TD–NdC–CTS* torna-se essencial, pois evidencia que os processos didáticos de reconstrução do saber não são neutros. Ao contrário, eles contribuem para perpetuar concepções distorcidas tanto sobre o funcionamento interno da ciência - aspectos epistêmicos, quanto sobre suas relações com fatores sociais, políticos, econômicos

e culturais - aspectos não epistêmicos (Acevedo-Díaz; García-Carmona Aragón-Méndez, 2017; Aragón-Méndez; Acevedo-Díaz; García-Carmona, 2018). Assim, a própria Transposição Didática, quando não acompanhada de uma vigilância epistemológica rigorosa, pode reforçar visões ingênuas, dogmáticas e ideologicamente carregadas do fazer científico (Ricardo, 2020).

Nesse sentido, torna-se fundamental que autores de livros didáticos, elaboradores de currículos e professores desenvolvam uma postura crítica e reflexiva diante dos processos de seleção, reorganização e apresentação dos conteúdos, evitando a reprodução das visões deformadas identificadas por Gil-Pérez et al. (2001) e dos mitos apontados por Auler e Delizoicov (2015).

A partir do arcabouço teórico-metodológico, percebe-se a similaridade entre os atributos da TD e os mitos científicos destacados por Auler e Delizoicov (2015), sendo eles*: a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, a perspectiva salvacionista da Ciência-Tecnologia e o determinismo tecnológico*. Pois em processos como os de *descontextualização, despersonalização e dessincretização*, há perdas como o nicho epistemológico desses conhecimentos juntamente com a invisibilização de alguns cientistas, o que, na perspectiva da Natureza da Ciência (NdC), remete a uma ciência desenvolvida por gênios isolados e aquém das problemáticas que marcaram seu desenvolvimento, reforçando a ideia de uma ciência neutra e desvinculada da realidade.

Desta forma, é de suma importância que a vigilância epistemológica seja um dos principais pontos a serem praticados pelos autores de (LD), pois como destaca Ricardo (2020, p.21) "é importante estar sempre atento à vigilância epistemológica para evitar que distorções ocorram durante a transposição do conhecimento" evitando o desenvolvimento de visões distorcidas dos professores e estudantes.

Percursos metodológicos

A presente pesquisa é de natureza qualitativa, fundamentada em características apontadas por Bogdan e Biklen (1994), tais como: investigação de natureza descritiva, ênfase nos processos e construção indutiva dos dados e abstrações concluídos. Tem como *corpus* de pesquisa, as coleções de Ciências da Natureza e suas Tecnologias selecionados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2021.

Tabela 1: Obras de Ciências da Natureza do PNLD 2021

Código	Coleção	Editora	N. de exemplares distribuídos
CNT-01	Multiversos	FTD	5.282.557
CNT-02	Moderna Plus	Moderna	4.177.407
CNT-03	Lopes & Rosso	Moderna	1.170.441
CNT-04	Matéria, energia e a vida	Scipione	1.107.736
CNT-05	Ser Protagonista	SM	1.046.403
CNT-06	Conexões	Moderna	947.581
CNT-07	Diálogo	Moderna	755.680

Fonte: FNDE (2026)

Para a análise das coleções, utilizamos a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (1977), que se desdobra nos seguintes passos: *pré-análise configura-se como a fase de organização, na qual as intuições iniciais se tornam mais objetivas, permitindo a*

operacionalização e a sistematização das ideias e conduzindo à elaboração de um esquema no plano de análise; a *exploração do material*, descrita como o processo de operação, ou seja, a condução do processo de análise; o *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*, nesta etapa em que se realiza a inferência e interpretação dos dados. A análise focou-se em buscar nas coleções aprovadas no PNLD 2021 a presença da temática da FPE. As coleções analisadas se encontram no Tabela 1 em ordem de exemplares distribuídos.

Após o reconhecimento do *corpus* de pesquisa, inicia-se o processo de aproximação entre os pressupostos da Natureza da Ciência e a perspectiva CTS a partir dos atributos da TD. Assim, identificamos que as visões deformadas da Ciência, destacadas por Gil-Pérez et al. (2001), juntamente com os mitos científicos de Auler e Delizoicov (2015), possuem relações de similaridade de causa e consequência.

A articulação CTS-NdC envolve a presença de *aspectos epistêmicos* e *não epistêmicos* da Ciência, duas categorias de análise que foram fundamentais para nortear a pesquisa. Considera-se como aspectos epistêmicos questões cognitivas e psicológicas relacionadas à produção e validação do conhecimento científico, ou seja, questões e fatores da prática científica que abrangem a perspectiva da NdC. Já os aspectos não-epistêmicos dizem respeito a fatores psicológicos, sociais e contextuais ligados às ciências e aos cientistas, tanto dentro quanto fora da comunidade científica (Aragón-Méndez; Acevedo-Díaz; García-Carmona, 2018). Gil-Pérez et al. (2001) apresentam em seu estudo visões deformadas acerca da natureza do trabalho científico que se relacionam diretamente com aspectos epistêmicos, embora a última visão apresentada aborde a natureza não epistêmica da Ciência.

Resultados e discussão

Tabela 2: Levantamento dos indicadores numéricos

Indicadores/livro	CNT-04	CNT-05	CNT-07
Volume	3	1	4
Capítulos totais	9	10	12
Páginas totais	160	162	160
Seções de FPE	3	2	1
Páginas de FPE	5	4	4
Programabilidade	Partículas elementares: raios cósmicos e as antipartículas; quarks; Modelo-Padrão: quarks e léptons, Massa, carga e spin das partículas elementares e as partículas mediadoras ou mensageiras	A física de partículas elementares; Tipos de partículas elementares: quarks e léptons e hádrons; O Modelo-Padrão e a massa dos átomos	Modelo-Padrão de partículas

Fonte: elaborado pelos autores

A partir da leitura flutuante, foi possível delimitar o corpus da pesquisa, identificando as coleções que tratam da Física de Partículas Elementares (FPE). Observou-se que, das sete coleções analisadas, apenas as obras **CNT-04, CNT-05 e CNT-07** dedicam uma seção específica à FPE, correspondendo a 42,9% do total de livros distribuídos. As demais coleções foram excluídas por não abordarem o tema. Vale lembrar que cada coleção é composta de 6 volumes. Na primeira etapa da análise, buscou-se identificar, conforme exposto na Tabela

2, tanto os elementos quantitativos quanto os tópicos específicos contemplados em cada uma delas.

Na categoria de análise referente aos aspectos epistêmicos, identificou-se que as coleções CNT-05 e CNT-07 convergem em uma abordagem semelhante da FPE em seus capítulos específicos. Nestes, há uma breve contextualização, a apresentação de uma imagem do Modelo Padrão e a descrição das partículas que o compõem, uma estratégia que, como apontada por Milnitsky (2018), concentra-se na transmissão de informações objetivas, priorizando a exposição de resultados prontos em detrimento da problematização de sua construção. Esse padrão de contextualização pode ser observado nos seguintes fragmentos:

> A descoberta do nêutron estimulou a construção de um modelo teórico consistente para explicar a massa do núcleo atômico. No entanto, a existência de uma partícula com carga neutra não explicava o fato de as partículas positivas do núcleo não se repelirem a ponto de se separarem. Assim, uma pergunta persistia: como o núcleo atômico se mantém coeso, contendo prótons e nêutrons? (Aoki et al.; 2020, p. 47)

> A partir do ano de 1960, as partículas prótons e nêutrons não eram mais consideradas como elementares. Isso se deve à descoberta de outras partículas, chamadas quarks, as quais compõem os prótons e os nêutrons. Nas décadas que se seguiram, foram descobertas várias outras partículas e, a partir disso, construiu-se uma nova teoria para explicar todo esse conjunto de novas partículas elementares, o chamado Modelo padrão de Física das partículas elementares (Santos et al.; 2020, p. 110)

Nos fragmentos destacados, percebe-se que a narrativa sobre a descoberta do nêutron ou sobre o surgimento do Modelo Padrão aparece de forma *linear* e *descontextualizada*, ignorando debates, controvérsias e obstáculos históricos que marcaram tais avanços e conduzindo a uma ciência apresentada como produto acabado e inquestionável o que evidencia aspectos de *dessincretização* e *descontextualização*. Embora a coleção CNT-04 apresente uma contextualização histórica um pouco mais detalhada, citando, por exemplo, os estudos iniciais com as câmaras de nuvens, a proposição das antipartículas e a dos quarks, ainda assim mantém uma visão *a-problemática* e *a-histórica*, como ocorre em todas as coleções, já que frequentemente introduzem os conhecimentos científicos omitindo os motivos e os problemas que incorreram em suas origens e construções. Apenas o seguinte fragmento da coleção CNT-04, referente aos estudos dos elétrons, ensaia uma tentativa, ainda que superficial, de se afastar dessa perspectiva:

> Ao longo do século XIX, vários cientistas começaram a investigar fenômenos relacionados à eletricidade e à emissão de luz pelos materiais em determinadas condições. As diversas possibilidades de aplicação dos fenômenos elétricos e luminosos impulsionavam as pesquisas científicas e foram fundamentais para a Segunda Revolução Industrial (Mortimer et al.; 2020, p. 42)

Este fragmento aborda, por exemplo, como os avanços científico-tecnológicos foram moldados por interesses em suas aplicações ou como a Ciência se desenvolveu em resposta a demandas industriais. No entanto, além dessa exceção, as contextualizações históricas presentes nas coleções, além das distorções já citadas, também permanecem fortemente marcadas por uma perspectiva *empírico-indutivista*, na qual observações e experimentos são

retratados como os únicos elementos relevantes para a construção do conhecimento científico. Tal abordagem ignora contextos e controvérsias que moldaram esses saberes, bem como fatores motivacionais, políticos, tecnológicos e até mesmo acasos históricos. Dessa forma, negligencia-se a complexidade do processo científico, o que reforça os processos de *descontextualização* e *dessincretização* (Thiara et al., 2022; Batista, 2024). Os seguintes trechos das coleções CNT-04 e CNT-07 exemplificam isto:

> Uma série de observações e experimentos ao longo da primeira metade do século XX mostrou que os prótons e nêutrons podem se transformar uns nos outros. O fato de eles estarem sofrendo transformações foi uma demonstração de que deveriam ter uma estrutura interna, ou seja, serem formados por outras partículas menores (Mortimer et al.; 2020. p. 141)

> Embora os filósofos pré-socráticos já houvessem citado a existência de átomos indivisíveis como constituintes da matéria, foi Dalton quem demonstrou experimentalmente que os átomos poderiam existir, provendo um caráter científico para os estudos da constituição da matéria (Santos et al.; 2020. p. 50)

Nesta perspectiva, percebe-se nestas coleções abordagens desconsideram que a observação pressupõe um sistema de expectativas (Moreira; Ostermann, 1993), retratando o trabalho científico como um processo de coleta de dados "neutros", desprovido das orientações teóricas que são, na verdade, essenciais para qualquer investigação científica significativa. O trecho da coleção CNT-07 vai além, sugerindo que a experimentação realizada por Dalton foi tanto uma validação definitiva da existência dos átomos quanto o fator que definiu o estudo da constituição da matéria como "científico".

Observa-se ainda uma marcante presença da visão *acumulativa* e *linear* nas narrativas históricas das coleções. São ausentes passagens e discussões que ilustrem elementos como as crises e as remodelações profundas que ocorreram durante a história da ciência (Moreira; Massoni, 2011). O seguinte trecho da coleção CNT-05 foi destacado por representar uma influência mais enfática desta visão deformada:

> Observe, então, uma característica muito importante do desenvolvimento científico: assim como o modelo de Thomson incorpora novas ideias ao de Dalton, a comunidade científica aceita o princípio de que, para que haja avanços, nem sempre é necessário descartar ideias anteriores (Aoki et al.; 2020. p. 29)

O trecho sugere que o desenvolvimento científico ocorre de maneira *linear* e *acumulativa*, em que novas ideias se somam às anteriores sem necessariamente descartá-las. Essa concepção está diretamente ligada ao positivismo lógico, já contestado por Kuhn (2013), que propõe uma epistemologia na qual o progresso científico se dá por etapas, alternando períodos de ciência normal e momentos de ruptura, ou quebra de paradigmas, nos quais teorias e modelos são profundamente remodelados. Neste caso, o modelo de Thomson não é considerado uma remodelação, e sim uma evolução direta do modelo de Dalton. Isso reforça a visão de que o conhecimento científico evolui de forma contínua e progressiva, ignorando embates, controvérsias e mudanças de paradigmas, trazendo uma narrativa linear "como uma verdade, um produto pronto, a face do progresso" (Gasperi; Emmel, 2025, p. 3).

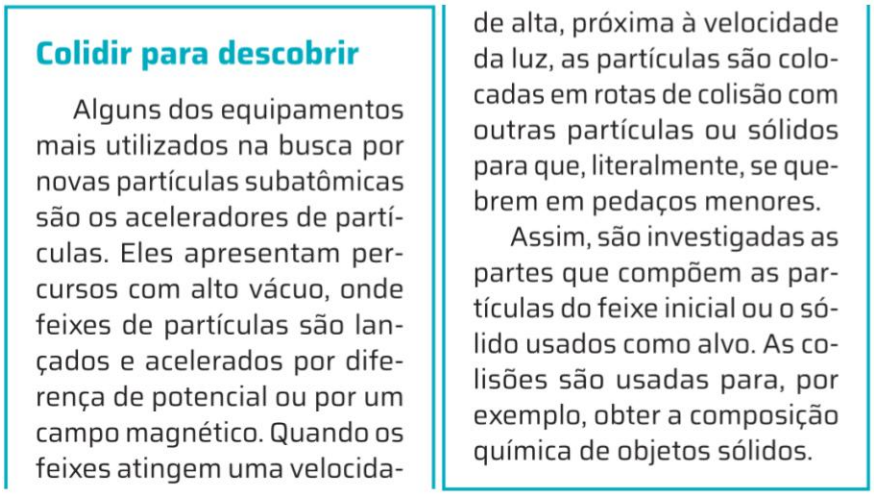
Um aspecto relevante e que aponta para uma fragilidade na proposta interdisciplinar dos LD de Ciências da Natureza é a presença da visão *exclusivamente analítica* em todas as coleções analisadas. A abordagem do conteúdo vem se mostrado de maneira parcelar e simplificada, raramente sendo exploradas as relações e conexões entre as áreas do conhecimento. Ainda o caráter fragmentado do conhecimento surge quando se negligenciam os esforços de unificação e a integração de conceitos entre diferentes campos. Inicialmente, a ideia de que o núcleo atômico poderia ser alterado por fatores externos (como na fissão nuclear) enfrentou resistência. A física nuclear e a química nuclear são fruto de intensos debates e da eventual unificação de conceitos que superaram visões anteriores mais limitadas. Há também esta mesma fragilidade nas outras coleções na medida em que desprezam os "problemas-ponte" e os percursos epistemológicos que eventualmente resultaram na existência de áreas do conhecimento mais amplas.

Ao realizar uma leitura sob a categoria de análise dos aspectos não epistêmicos, observamos que, dentre elas, apenas as coleções CNT-05 e CNT-07 retratam alguns tópicos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade ao longo da construção dessas obras. Inclusive, alguns trechos, como o destacado a seguir, denotam uma influência direta de aspectos CTS:

> À medida que a sociedade se desenvolve, a Ciência busca soluções e inovações para suprir os problemas e as necessidades dessa sociedade. Paralelamente, as descobertas científicas também podem influenciar e modificar a sociedade em que vivemos (Santos et al.; 2020. p. 12)

Na obra CNT-05 há uma pequena abordagem dos empreendimentos científicos e tecnológicos provenientes dos avanços da física de altas energias como evidenciado na Figura 1:

Figura 1 – Recorte da CNT-05, vol. 1, p. 47



Colidir para descobrir

Alguns dos equipamentos mais utilizados na busca por novas partículas subatômicas são os aceleradores de partículas. Eles apresentam percursos com alto vácuo, onde feixes de partículas são lançados e acelerados por diferença de potencial ou por um campo magnético. Quando os feixes atingem uma velocidade de alta, próxima à velocidade da luz, as partículas são colocadas em rotas de colisão com outras partículas ou sólidos para que, literalmente, se quebrem em pedaços menores.

Assim, são investigadas as partes que compõem as partículas do feixe inicial ou o sólido usados como alvo. As colisões são usadas para, por exemplo, obter a composição química de objetos sólidos.

Fonte: recorte da obra Ser protagonista (Aoki et al., 2020. p. 47)

Observamos que o recorte apresentado na Figura 1 fortalece a construção de uma ciência marcada por *descontextualização; despersonalização; dessincretização*. Isso ocorre porque não destaca o motivo pelo qual entidades como cientistas, governantes e especialistas dedicam tempo e financiamento para a construção desses grandes empreendimentos, deixando de abordar o contexto, as problemáticas e os embates enfrentados na edificação dos grandes aceleradores. Ao analisarmos a partir da perspectiva CTS, notamos que

abordagens como essas fortalecem ideias de *superioridade do modelo de decisões tecnocráticas*, excluindo a sociedade do processo decisório e colocando os especialistas como os únicos capazes de tomar decisões perante a sociedade, omitindo da discussão os conflitos ideológicos e de interesse.

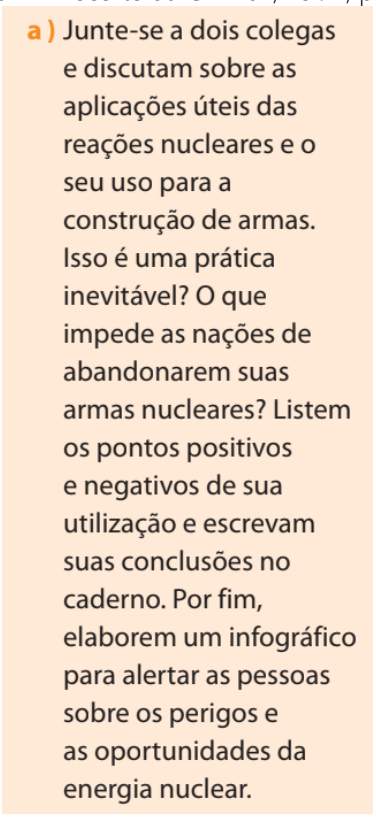
Uma das problemáticas encontradas nas discussões propostas é o uso de dicotomias nos debates acerca das tecnologias nucleares, algo já destacado por Rosa e Strieder (2021). Nestes casos, a discussão sobre a radioatividade é direcionada na vertente de "benefícios/malefícios", "aspectos positivos/negativos", "argumentos favoráveis/contrários", entre outros. Esse tipo de abordagem, ao invés de "problematizar a presença de valores na definição da agenda de pesquisa" (Rosa; Strieder, 2021, p. 2), reduz a discussão e não abrange as profundas relações CTS. A coleção CNT-04 comete este equívoco, omitindo a discussão de fatores políticos, históricos e socioeconômicos que envolvem o uso da radioatividade, eliminando as postulações democráticas referentes às tecnologias e levando à crença de que apenas especialistas tecnocratas são capazes de tomar decisões corretas, ignorando as dimensões sociais, éticas e políticas dessas decisões, reforçando o mito da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas e se aproximando de uma *visão socialmente neutra da ciência*.

A coleção CNT-05, por sua vez, não discute as controvérsias que envolvem a radioatividade e as tecnologias nucleares, afirmando apenas que "A expressão física nuclear é associada, geralmente, à fabricação de material bélico e a guerras" (Aoki et al., 2020. p. 51). A partir daí a abordagem concentra-se somente nas aplicações benéficas da radioatividade, refletindo a *perspectiva salvacionista da CT*, evidenciando uma concepção tradicional/linear de progresso da CT. Isso enviesa a leitura, sugerindo que o desenvolvimento científico-tecnológico é e sempre será a solução para todos os problemas da humanidade e necessariamente conduzem ao progresso (Auler; Delizoicov, 2001). Nessa perspectiva, conforme descrevem González-García, López-Cerezo e Luján-Lopez (1996), o desenvolvimento científico (DC) gera desenvolvimento tecnológico (DT), este gerando o desenvolvimento econômico (DE) que determina, por sua vez, o desenvolvimento ou bem-estar social (DS). O modelo tradicional/linear de progresso pode ser então assim representado.

Não havendo exploração das discussões éticas, as implicações sociais ou os riscos envolvidos, têm-se a ideia de que as tecnologias nucleares são ferramentas que conduzem unicamente ao "progresso", ou mesmo que os possíveis problemas que possam surgir sejam solucionados de maneira meramente técnica, minimizando as componentes sociais e reforçando o mito da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas a visão socialmente neutra da ciência. Somente a coleção CNT-07 apresentam discussões de natureza social, ética e política, exemplificadas no recorte apresentado na Figura 2.

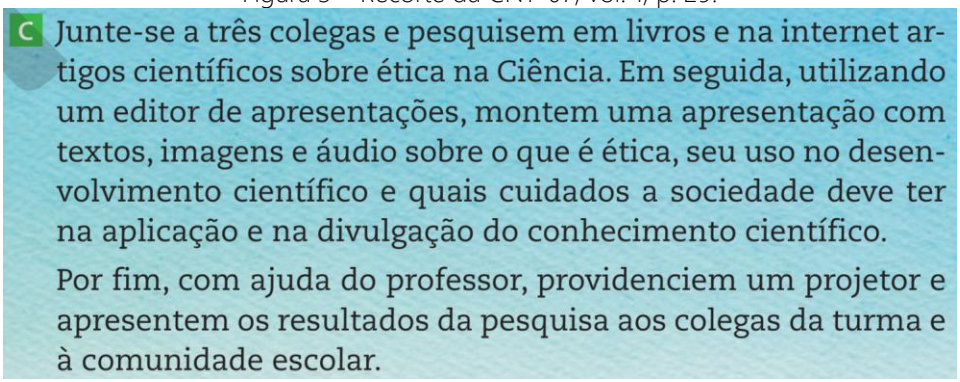
Neste trecho é possível observar uma ampliação do debate acerca das armas nucleares, pois propõe como tema de discussão "isso é uma prática inevitável?" e "o que impede as nações de abandonarem suas armas nucleares?", levantando aspectos não epistêmicos significativos. Estes incluem as questões geopolíticas relacionadas à manutenção de arsenais nucleares, enraizadas em poder, soberania e segurança nacional. Incorporando esses aspectos, o debate sobre radiação e armas nucleares ultrapassa o técnico, abordando interseções entre ética, política, sociedade e economia, oferecendo uma visão mais ampla e crítica das implicações do desenvolvimento científico-tecnológico na humanidade. Ainda na temática das tecnologias nucleares, a coleção também traz a discussão sobre ética, moral e responsabilidade no trabalho científico no recorte da figura 3.

Figura 2 – Recorte da CNT-07, vol. 4, p. 107.


a) Junte-se a dois colegas e discutam sobre as aplicações úteis das reações nucleares e o seu uso para a construção de armas. Isso é uma prática inevitável? O que impede as nações de abandonarem suas armas nucleares? Listem os pontos positivos e negativos de sua utilização e escrevam suas conclusões no caderno. Por fim, elaborem um infográfico para alertar as pessoas sobre os perigos e as oportunidades da energia nuclear.

Fonte: recorte da obra Diálogo (Santos et al, 2020. p. 107)

Figura 3 – Recorte da CNT-07, vol. 1, p. 29.


C Junte-se a três colegas e pesquisem em livros e na internet artigos científicos sobre ética na Ciência. Em seguida, utilizando um editor de apresentações, montem uma apresentação com textos, imagens e áudio sobre o que é ética, seu uso no desenvolvimento científico e quais cuidados a sociedade deve ter na aplicação e na divulgação do conhecimento científico.

Por fim, com ajuda do professor, providenciem um projetor e apresentem os resultados da pesquisa aos colegas da turma e à comunidade escolar.

Fonte: recorte da obra Diálogo (Santos et al, 2020. p. 29)

Tal discussão, como já destacado anteriormente, também está diretamente conectada aos princípios de CTS e serve para contextualizar o conhecimento científico dentro de suas implicações sociais e éticas. Ao tratar a radioatividade sob essa perspectiva, os livros reforçam a importância de que o desenvolvimento científico seja conduzido de maneira ética e responsável, levando em consideração os interesses sociais e os possíveis riscos, promovendo uma ciência que esteja em sintonia com os valores humanos e o bem-estar coletivo. Isso reflete uma abordagem CTS, em que o conhecimento científico é visto como um processo que está constantemente ligado à sociedade e às suas dinâmicas morais e políticas.

Assim, nota-se que as discussões referentes à Física de Partículas Elementares (FPE) são escassas nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do PNLD 2021, especialmente sob a perspectiva CTS e da Natureza da Ciência (NdC). Como destacam

Macedo e Gomes (2024), há uma enorme complexidade em contextualizar historicamente os conceitos científicos nos atuais manuais de Ciências da Natureza, dado que os autores precisam condensar vastos conteúdos de três áreas (Física, Química e Biologia) em obras integradas.

Essa realidade impõe a necessidade de uma seleção de informações que, quando realizada de maneira inadequada, gera sérios problemas no processo de Transposição Didática (TD). No caso dos conhecimentos abstratos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), essas falhas de didatização acabam por reforçar mitos científicos, valendo salientar que cada mito está diretamente relacionado a mais de uma visão distorcida da ciência. No entanto, destacamos que os apontamentos trazidos neste recorte representam apenas uma pequena parcela de uma pesquisa muito mais abrangente.

Algumas considerações

A abordagem superficial da FPE nas coleções do PNLD 2021 evidencia que, mesmo quando algumas obras destinam um capítulo específico ao tema, o tratamento oferecido permanece introdutório, fragmentado e distante de uma compreensão sistemática dos conceitos envolvidos. Os dados analisados mostram que a integração da Física de Partículas Elementares nos livros didáticos não avança em profundidade, apresentando lacunas conceituais, ausência de contextualização histórica e carência de articulações mais robustas com a prática científica contemporânea. Esse quadro revela que a mera presença do conteúdo não garante sua efetiva incorporação pedagógica.

A análise também aponta que, embora três coleções incluam elementos da FPE, a forma como essa inserção é feita acarreta problemas significativos. As coleções CNT-04 e CNT-05, ainda que mencionem relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), reproduzem mitos científicos amplamente discutidos na literatura da Natureza da Ciência (NdC) e da perspectiva CTS. Entre eles, destacam-se: a visão socialmente neutra da ciência; a perspectiva a-histórica e a-problemática; a imagem dogmática, rígida e fechada da atividade científica; e a concepção empírico-indutivista e a-teórica do processo de investigação. Esses elementos, presentes na textualização dos conteúdos, criam um terreno fértil para que professores e estudantes construam concepções equivocadas sobre a ciência e sobre o papel da atividade científica na sociedade.

Os dados indicam ainda que, ao comparar o PNLD 2021 com a edição anterior, observa-se um retrocesso na abordagem da Física de Partículas Elementares. A redução do espaço destinado ao tema e o empobrecimento de suas articulações epistemológicas diminuem as possibilidades de compreensão crítica da ciência atual e fragilizam a construção de vínculos entre a Física escolar e os avanços científico-tecnológicos contemporâneos. Tal retrocesso não é apenas quantitativo, mas qualitativo: ao simplificar excessivamente conceitos e ao desconsiderar dimensões históricas, filosóficas e socioculturais, abre-se espaço para o reforço de visões distorcidas tanto da ciência quanto da relação CTS.

Nesse sentido, é fundamental reconhecer que o livro didático, enquanto instrumento que media o encontro entre ciência e escola, não é neutro. Ele carrega decisões epistemológicas, políticas e culturais que interferem diretamente na formação científica dos jovens e na prática pedagógica dos professores. Por isso, torna-se imprescindível que autores, pesquisadores e equipes editoriais assumam uma postura de vigilância epistemológica, garantindo que os conteúdos transpostos para o contexto escolar não apenas preservem sua integridade

conceitual, mas também promovam uma compreensão crítica, contextualizada e humanizada da ciência. Assim, a Transposição Didática deixa de ser apenas um movimento técnico de adaptação do saber e passa a constituir-se como um espaço de disputa epistemológica, política e cultural, onde se decide que ciência será ensinada e como será compreendida pelas novas gerações.

Agradecimentos

À Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) pelo apoio institucional e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências

ACEVEDO-DÍAZ, J.; ARAGÓN-MÉNDEZ, M.; GARCÍA-CARMONA, A. Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. Revista científica, Bogotá, n. 33, p. 344-355, 2018.

ACEVEDO-DÍAZ, J.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. Educación química, Cidade do México, v. 28, n. 3, p. 140-146, 2017.

ALMEIDA, D. P. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: o livro didático e as representações sociais de docentes. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

ALVES FILHO, J. P. Regras da Transposição Didática Aplicada ao Laboratório Didático. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, V.17, n.2, p.174-188, ago. 2000.

AMABIS, J. M., MARTHO, G. R., FERRARO, N. G., PENTEADO, P. C. M., TORRES, C. M. A., SOARES, J.; CANTO, E. L.; LEITE, L. C. Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: O Conhecimento Científico. 1° ed. São Paulo: Moderna, 2020.

AMABIS, J. M., MARTHO, G. R., FERRARO, N. G., PENTEADO, P. C. M., TORRES, C. M. A., SOARES, J.; CANTO, E. L.; LEITE, L. C. Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Universo e Evolução. 1° ed. São Paulo: Moderna, 2020.

AOKI, V. L. M.; LIEGEL, R. M.; AGUILAR, J. B. V.; CARVALHO, E. G.; NERY, A. L. P.; FUKUI A.; ZAMBONI, A. H.; BEZERRA, L. M. Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Composição e Estrutura dos Corpos. 1. ed. São Paulo: SM Educação, 2020.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 3, n. 02, p. 122-134, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. Linhas Críticas, Brasília, v. 21, n. 45, p. 275-296, 2015.

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Lisboa: Edições, 1977.

BATISTA, L.; BATISTA, C.; THIARA, A.; SIQUEIRA, M. Que visões de ciências estão subjacentes na abordagem da Lei de Hubble nos livros didáticos de Física do ensino médio? Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 23, n. 3, 2024.

BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Editora UFSC, 2014.

BOGDAN, R; BIKLEN, S. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto editora, 1994.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão quais as regras de transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? Investigação em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.10, p. 387-404, 2005.

CHEVALLARD, Y., La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

COELHO, Marcelo Nunes; MOURA, Vitor Hugo Lima de. A abordagem do tema “gravitação” nas coleções de Ciências da Natureza e Tecnologias no PNLD 2021: qual a "Natureza da Ciência" que eles comunicam? Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, v. 19, n. 43, p. 49-67, dez. 2023.

DEOSTI, L.; SILVA, F.; JÚNIOR, C.; ORTIZ, A.; BATISTA, M. Representações Sociais sobre o bóson de Higgs nas mídias. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, v. 20, n. 45, p. 92-107, dez. 2024.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 34, p. 2502, 2012.

DOMINGUINI, L. O Conteúdo Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-graduação em educação da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGE-UNESC), Criciúma, 2010.

DOMINGUINI, L. Questões históricas da evolução da Física Moderna nos livros didáticos de Física do PNLEM. Vidya, Santa Maria, v. 31, n. 2, p.11-26, jul./dez., 2011.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FNDE). Dados estatísticos. Brasília, DF: FNDE, 2016. Atualizado em 9 jul. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos. Acesso em: 14 ago. 2026.

GASPERI, Angélica Maria; EMMEL, Rúbia. Abordagens da história da ciência em livros didáticos de ciências da natureza do ensino fundamental. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, v. 21, n. 46, p. 196-210, 2025.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, A. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. Ciência & Educação. Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GODOY, L. P.; AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. Multiversos: ciências da natureza: ciência, sociedade e ambiente: ensino médio. 1°. ed. São Paulo: Editora FTD, 2020.

GODOY, L. P.; AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. Multiversos: ciências da natureza: ciência, tecnologia e cidadania: ensino médio. 1°. ed. São Paulo: Editora FTD, 2020.

GONZÁLEZ-GARCÍA, M.; LÓPEZ-CEREZO, J.; LUJÁN-LOPEZ, J. Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología. Madrid: TECNOS, 1996.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. Ciência & Ensino, Bauru, vol. 1, n. esp., nov. 2007.

LOPES, S.; ROSSO, S. Ciências da natureza: Lopes & Rosso: água, agricultura e uso da terra. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

MACEDO, Gabriel Luiz Nalon; GOMES, Luciano Carvalhais. Análise do conceito de força gravitacional nos principia e a sua transposição didática do Saber Sábio ao Saber a Ensinar nos livros de Ciências da Natureza do PNLD 2021. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, v. 20, n. 45, p. 67-91, dez. 2024.

MARTINS, A. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MAXIMIANO, J. R; CARDOSO, L. DOMINGUINI, L. Física Moderna nos livros didáticos: um contraponto entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2012. VIDYA, Santa Maria, v. 33, n. 1, p.97-115, 2013.

MILNITSKY, R. Epistemologia e currículo: reflexões sobre a ciência contemporânea em busca de um novo olhar para a Física de Partículas Elementares. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MILNITSKY, Renan. A circulação de ideias sobre as interações fundamentais como a síntese embrionária do modelo padrão da física de partículas elementares. Em Construção: arquivos de epistemologia histórica e estudos de ciência, n. 7, 2020.

MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barretto. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. Revista Electrónica De Investigación Educación Ciencias, v. 8, n. 1, 2012.

MOREIRA, M.; MASSONI, N. Epistemologias do século XX: Popper. Kuhn, Lakatos, Laudan, Bachelard, Toulmin, Feyerabend, Maturana, Bohm, Bunge, Prigogine, Mayr. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. Caderno catarinense de ensino de física, Florianópolis. Vol. 10, n. 2 (ago. 1993), p. 108-117, 1993.

MORTIMER, E.; HORTA, A.; MATEUS, A.; PANZERA, A.; GARCIA, E.; PIMENTA, M.; MUNFORD, D.; FRANCO, L.; MATOS, S. Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: materiais, luz e som: modelos e propriedades. 1° ed. São Paulo: Scipione, 2020.

OLIVEIRA, D.; SIQUEIRA, M. A Física de Partículas em Livros Didáticos Aprovados no PNLD 2018 E 2021: Uma Análise a partir da Transposição Didática. Experiências em Ensino de Ciências. Cuiabá, v. 18, n. 3. 2023.

OSTERMANN, F; MOREIRA, M A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da

formação inicial de professores. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.18, n.2, p.135-151, ago. 2001.

OSTERMANN, F; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PEREIRA, P. N.; GUERINI, S. C.; SÁ-SILVA, J. R. Os conteúdos de Física Moderna nos Livros Didáticos de Física do Ensino Médio. Debates em Educação, Maceió, v.11, n. 24, p. 106-124, maio-ago, 2019.

PINTO, A.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

PRETTO, E. M.; GOLDSCHMIDT, A. I.; RICHTER, L. História da Ciência: uma análise em uma coleção de livros didáticos de Ciências – ensino fundamental – anos finais. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, v. 19, n. 42, p. 177-193, ago. 2023.

RICARDO, E. C. A história da ciência no ensino de física e a vigilância epistemológica. Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza, Cajazeiras, v. 4, n. 1, p. 22, 2020.

RODRIGUES, W. V.; GUERRA, A.; CRISTINA, S. Uma proposta de uso de Imagens como uma ferramenta alternativa para o Ensino de Física Quântica. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia, SP, 2015.

ROSA, S. E.; STRIEDER, R. B. Perspectivas para a constituição de uma cultura de participação em temas sociais de ciência-tecnologia. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, p. e29619-27, 2021.

ROSA, Suiane; SILVA, Marcia. Questões energéticas e suas relações com parâmetros CTS: análise em livros didáticos a partir de uma matriz de referência. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, v. 17, n. 38, p. 267-281, jul. 2021.

SANTOS, K.; CHINELLATO, É. A.; SILVA, R. A.; KIMURA, M.; FERRARO, A. C. N. S.; FRÓES, A. L. D.; OGO, M. Y.; MICHELAN, V. S. Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: energia e sociedade: uma reflexão necessária. 1° ed. São Paulo: Moderna, 2020.

SCHIVANI, M.; SOUZA, G. F.; LIRA, N. Programa Nacional do Livro Didático de Física: subsídios para pesquisas. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo vol. 42, e20200011, 2020.

SIQUEIRA, M. Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino de física. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SIQUEIRA, M. Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOUSA, W. B. A teoria da transposição didática e a teoria antropológica do didático aplicadas em um estudo de caso no ensino da física moderna e contemporânea. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, V.9, n.3, p.209-214, dez.1992.

THIARA, A. C.; BATISTA, L.; OLIVEIRA, D.; SIQUEIRA, M. Transposição Didática: a radiação do corpo negro nos livros didáticos do PNLD 2018. Latin American Journal of Physics, Puebla, v.16, n.1, mar. 2022.

THOMPSON, M.; RIOS, E.; SPINELLI, W.; REIS, H.; SANT'ANNA, B.; NOVAIS, V.; ANTUNES, M. Conexões: Ciências da natureza e suas tecnologias: saúde e tecnologia. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

VALADARES, E.; MOREIRA, A. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

VAZATA, P. A. V. et al. O Fóton Está Nu: O Papel dos Livros Didáticos na Construção do Mundo Comum. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, p. e46039-34, 2024.