

OS EXPLORADORES DA FÍSICA DE PARTÍCULAS: CAMINHANDO ENTRE A PERSPECTIVA CTS E A NATUREZA DA CIÊNCIA NO PNLD 2021*

PARTICLE PHYSICS EXPLORERS: MOVING BETWEEN THE CTS PERSPECTIVE AND THE NATURE OF SCIENCE IN PNLD 2021

Daniel Oliveira¹, George Shinomiya², Maxwell Siqueira³

¹Universidade Estadual de Santa Cruz/Departamento de Ciências Exatas-DCEX/ Licenciatura em Física: e-mail: daniersouza456@gmail.com

²Universidade Estadual de Santa Cruz/Departamento de Ciências Exatas-DCEX / Professor no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 44 – MNPEF: e-mail: george@uesc.br

³Universidade Estadual de Santa Cruz/Departamento de Ciências Exatas-DCEX/ Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – PPGECEM/ e-mail: mrpsiqueira@uesc.br

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, analisamos sete coleções de ciências da natureza e tecnologias, cada uma composta por seis volumes. O corpus da pesquisa foi definido com base na Análise de Conteúdo de Bardin. 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. No entanto, mesmo ao retratarem a temática a partir de sua evolução científica, tecnológica e social, esses conhecimentos apresentam problemáticas relacionadas aos mitos científicos destacados por Auler e Delizoicov, resultando em visões distorcidas das ciências e do fazer científico. Diante desses dados, percebe-se a relevância de uma vigilância epistemológica mais apurada. Os autores e pesquisadores responsáveis pela elaboração dos livros didáticos devem garantir uma construção mais alinhada ao cotidiano dos professores e estudantes, sendo a perspectiva CTS uma das vias para alcançar objetivo.

Palavras-chave: Física de Partículas, Livros didáticos, CTS, Natureza da Ciência.

Abstract

This research investigates the approach to Elementary Particle Physics (EPP) in the Nature Sciences textbooks of the National Textbook and Teaching Material Program (PNLD) 2021, through the integration of the Science-Technology-Society (STS)

* Apoio: UESC; CNPQ e FAPESB.

perspective and the Nature of Science (NoS). Using Chevallard's Didactic Transposition Theory, we analyzed seven collections of natural sciences and technologies, each comprising six volumes. The research corpus was defined on the basis of Bardin's Content Analysis. Initially, we examined all the copies approved in the PNLD 2021 in search of the topic of FPE. We found that, of the seven collections, only three address knowledge of particle physics. When analyzing the CTS perspective, we observed that only two of the books approach particle physics content from a Science-Technology-Society perspective. However, even when they portray the subject from the point of view of its scientific, technological and social evolution, this knowledge presents problems related to the scientific myths highlighted by Auler and Delizoicov, resulting in distorted views of science and scientific practice. In view of this data, we can see the relevance of more accurate epistemological vigilance. The authors and researchers responsible for preparing textbooks must ensure that they are more in line with the daily lives of teachers and students, and the CTS perspective is one way of achieving this.

Keywords: Particle Physics; Textbooks; Science-Technology-Society; Nature of Science.

I 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), que, devido à sua capacidade de análise e visualização, conseguiu obter imagens tridimensionais de estruturas de uma proteína fundamental para o ciclo de vida do novo coronavírus (Sars-Cov-2).

Assim podemos notar que os avanços desenvolvidos a partir dos conhecimentos da Física de Partículas Elementares (FPE) vão muito além da área da física, indicando assim o seu potencial em abordagens multi-interdisciplinar. Neste sentido, autores como Ostermann e Moreira (2001); Siqueira (2006); Batista e Siqueira (2017); Silva; Montanha; Siqueira (2020); Milnitsky (2021, 2022) têm evidenciado a relevância de se abordar a (FPE) na Educação Básica (EB), pois além de apresentar um dos conhecimentos em constante desenvolvimento, possibilita abordagens como Ciência-Tecnologia-Sociedade indicando como esses conhecimentos estão presentes na contemporaneidade e, por conseguinte, exercem influência direta no cotidiano dos indivíduos. Contudo, ainda há a necessidade de avançar em aspectos relacionados à disponibilidade de materiais didáticos, propostas de ensino e metodologias para professores e estudantes do ensino médio.

Desta forma, instrumentos educacionais, como os livros didáticos, têm se mostrado importantes aliados no processo de ensino-aprendizagem para professores e estudantes. Além de serem distribuídos gratuitamente para toda a rede pública de escolas, sendo que, em alguns casos, são a única ferramenta disponível para inserir os conhecimentos da FMC (Dominguini, 2010; Schivani et al., 2020). Seguindo na mesma linha, as pesquisas desenvolvidas por Oliveira e Siqueira, (2021; 2023); Thiara et al. (2022); Santo et al. (2022); Batista (2023) têm apontado que tópicos da FMC

apresentam alguns obstáculos na sua construção nos livros didáticos, como a abordagem ahistórica e aproblemática.

Assim, a presente pesquisa tem por objetivo investigar como os conhecimentos da Física de Partículas têm sido abordados nos livros didáticos de ciências da natureza selecionados pelo Programa Nacional do Livro e Material Didático (PNLD) 2021, a partir da articulação entre a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e a Natureza da Ciência (NdC) e os apontamentos da teoria da Transposição Didática.

II A Transposição Didática[†] e as Relações com a perspectiva CTS e a Natureza da Ciência

A teoria da Transposição Didática (TD) tem sido utilizado por mais de duas décadas para compreender o processo de textualização do saber no Ensino de Ciências. Autores como Alves Filho (2000); Rodrigues (2001); Brockington (2005); Siqueira (2012); Batista (2017); Thiara (2022); Oliveira e Siqueira (2023); Batista (2023) ressaltaram o potencial da TD como ferramenta teórica para orientar a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio, compreendendo as transformações do saber desde sua origem até chegar à sala de aula.

As transformações dos saberes, destacadas por Chevallard (1991), perpassam por diversos níveis. O **saber sábio** passa por um processo de reconstrução textual para atender às demandas da escola, tornando-se o saber a ensinar. Essa reconstrução, segundo Chevallard (1991) implica em saberes **descontextualizados**, **despersonalizados** e **dessincetizados**, removendo vínculos com aspectos históricos, epistemológicos e subjetivos, adaptando o conhecimento para atender ao novo campo escolar, perdendo sua relação com a epistemologia científica.

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), como 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 dessincetização, há perdas como o nicho epistemológico desses conhecimentos juntamente com a invisibilização de alguns cientistas, o que remete a uma ciência desenvolvida por gênios e aquém das suas problemáticas ao longo do seu desenvolvimento, tornando a ciência um processo neutro e desvinculado da realidade. Esses mitos mostram-se similares aos atributos da Transposição Didática, destacando o processo evolutivo da Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem.

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 como: concepção empírico-indutivista e ateórica; visão algorítmica, exata e infalível da metodologia científica; visão acumulativa, aproblemática e neutra da atividade dos cientistas, visão individualista/elitista da ciência, entre outros (GIL-PÉREZ ET AL.

[†] a Transposição Didática é um aporte eficiente para analisar o processo através do qual os conhecimentos produzidos pela comunidade de cientistas (saber sábio) se transformam em conhecimentos dos programas curriculares e livros didáticos (saber a ensinar), incluindo aqueles que realmente chegam à sala de aula, os saberes ensinados (Alves Filho, 2000).

2001).

Além disso, considerando as questões científicas e tecnológicas nos discursos presentes nos livros didáticos, é possível estabelecer conexões entre eles e os de filósofos, políticos, economistas e sociólogos. Nessa perspectiva, as questões científicas e tecnológicas extrapolam debates no âmbito da Ciência, alcançando outras áreas, especialmente a esfera social. Portanto, a análise proposta pela TD e pelos mitos científicos evidenciados por Auler e Delizoicov (2015) busca examinar se tais mitos podem gerar visões distorcidas da ciência e do fazer científico. Isso é relevante diante do notável avanço da ciência e tecnologia que beneficia apenas uma parcela reduzida da população, conforme observado por Bazzo (2014).

III Percursos Metodológicos.

A presente pesquisa é qualitativa, fundamentada em características apontadas por Bodgan 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.

Para a análise das coleções, utilizamos a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (1977)[‡], que se desdobra nos seguintes passos: **pré-análise** como a fase de organização, tornando possível as intuições iniciais; 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.

Quadro 01– Obras aprovadas pelo PNLD 2021

código	Livro	Editora	Autores	volumes
CNT-01	Ser protagonista	SM	Ana Fukui; Ana Luiza P. Nery; Elisa Garcia e outros	6
CNT-02	Multiversos	FTD	Leandro Godoy; Rosana Agnolo e outros	6
CNT-03	Moderna Plus	Moderna	José M. Amabis; Gilberto R. Martho; Nicolau G. Ferraro e outros	6
CNT-04	Matéria energia e vida	Scipione	Eduardo Mortimer; Andréa Horta; Alfredo Mateus e outros	6
CNT-05	Diálogo	Moderna	Kelly Cristina dos S; Éverton A. Chinellato; Rafael Aguiar e outros	6

[‡] BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1995.

CNT-06	Conexões	Moderna	Miguel Thompson; Elocl Peres rios; Walter Spinelli e outros	6
CNT-07	Lopes e Rosso	Moderna	Sônia Lopes; Sergio Rosso	6

Fonte: elaborado pelos autores.

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.

IV Resultados e Discussões

Inicialmente verificamos que, dentre as 07 coleções, apenas as obras **CNT-01**, **CNT-03** e **CNT-05**, abordam os conhecimentos da FPE em um capítulo exclusivo, representado 42,85% dos livros distribuídos. Na primeira parte da análise, buscamos identificar alguns elementos quantitativos, conforme o quadro 2.

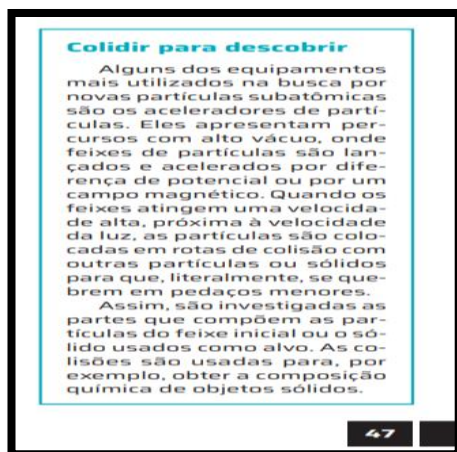
Quadro-02: Levantamento dos indicadores numéricos

Indicadores/livro	CNT-01	CNT-03	CNT-05
Volume	1	1	1
Seção	3	13	3
Capítulos totais	10	13	12
Páginas totais	160	162	162
Capítulo de FPE	1	1	1
Páginas de FPE	11	10	14

Fonte: elaborado pelos autores.

Ao realizar uma leitura minuciosa nas três coleções que abordam a Física de partículas, observamos que, dentre elas, apenas as coleções: **CNT-01**; **CNT-05** retratam alguns tópicos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade ao longo da construção dessas obras. Como exemplo, na obra: **CNT-01**, há uma pequena abordagem dos empreendimentos científicos e tecnológicos provenientes dos avanços da Física de altas energias (FPE), como demonstrado na Figura 01.

Figura 01: Colidir para descobrir conhecimentos em grandes aceleradores.



Fonte: - recorte da Ser protagonista. Ana Fukui; Ana Luiza P. Nery; Elisa Garcia v₁, 2020. p.47)

A partir dos atributos destacados pela Transposição Didática, 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. O mesmo ocorre quando examinamos a coleção **CNT-05**.

Figura 02: Os princípios de Bohr e sua aplicação, episódio dos modelos atômicos.



Fonte: - recorte da obra: **Dialogo**. Kelly Cristina dos S; Éverton A. Chinellato; Rafael Aguiar v₁, 2020. p.13)

A Figura 02, apresenta a oftalmologista e ativista negra Patricia Era Bath (2012), inventora do processo de otimização em cirurgias através de raios laser, de maneira **descontextualizada, despersonalizada e dessincretizado**.

Além de não retratar os conhecimentos desenvolvidos por Bohr (1913) e seus postulados por trás do modelo atômico, há uma **perspectiva salvacionista da CT**, O

texto não descreve o processo de construção de conhecimentos, nem demonstra o desenvolvimento científico-tecnológico, 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, como destacam Auler e Delizoicov (2015): "*CT necessariamente conduzem ao progresso e Ciência e Tecnologia são sempre criadas para solucionar problemas da humanidade, de modo a tornar a vida mais fácil*".

A partir dos pontos destacados acima, nota-se que os mitos científicos de Auler e Delizoicov (2015) geram visões distorcidas das ciências, apontadas por Gil-Pérez et al. (2001), como é o caso da perspectiva salvacionista da CT evidenciada pela Figura 02, que apresenta visões de **concepção empírico-indutivista e ateórica** ao descrever o processo de invenção de Patrícia Era Bath (2012), de maneira neutra e desvinculada dos processos experimentais. Isso ignora o papel essencial das hipóteses e dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo (Gil-Pérez, 2001, p.129).

Na Figura 01, destaca-se o mito científico da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, ligado à tomada de decisões apenas por parte dos especialistas sobre os grandes aceleradores e como esses grandes empreendimentos são construídos. A partir desse dado, percebe-se que esse mito desencadeia visões **socialmente neutra da ciência; visão aproblemática e ahistórica dogmática e fechada**, pois o texto não retrata os problemas e embates por trás da construção desses equipamentos, nem descreve o processo histórico desses conhecimentos e como a sociedade influencia e influenciará nesse desenvolvimento.

Assim, nota-se que há poucas discussões referentes à Física de Partículas Elementares (FPE) nos livros didáticos de Natureza da Ciência e suas Tecnologias selecionados pelo PNLD 2021 a partir de uma perspectiva (CTS). Vale salientar que cada mito científico está relacionado com mais de uma visão distorcida da ciência. No entanto, destacamos nesse recorte uma pequena parcela de uma pesquisa muito mais abrangente.

V Algumas Considerações

Na transição do PNLD 2018 para o PNLD 2021, percebe-se uma redução na presença da Física de Partículas Elementares (FPE) nos livros didáticos, indicando um retrocesso nas discussões promovidas pelas pesquisas sobre a inserção desse tópico na educação básica. Além disso, a abordagem superficial da FPE nas coleções de 2021 demonstra que, embora algumas obras dediquem um capítulo exclusivo a essa temática, a apresentação realizada nessas obras é de natureza introdutória e não desenvolve de maneira sistemática os conhecimentos, sugerindo, assim, um tratamento superficial desses conceitos.

Mesmo abordando a FPE em três obras, a abordagem realizada apresenta diversos agravantes no que diz respeito ao conhecimento sistematizado. A coleção **CNT-01 e CNT-05** mesmo tratando alguns tópicos envolvendo a relação Ciência-Tecnologia-Sociedade, apresentam mitos científicos que desencadeiam visões distorcidas, como a visão socialmente neutra da ciência, a visão aproblemática e

[§] Nessa, 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 Lujan *et al.*, (1996)

ahistórica, dogmática e fechada, a concepção empírico-indutivista e ateórica. Isso pode gerar distorções nas visões dos professores e estudantes sobre o fazer científico e como ele está inserido no cotidiano, influenciando o desenvolvimento da sociedade contemporânea. Portanto, é imprescindível que autores e pesquisadores responsáveis pela elaboração e construção dos livros didáticos tenham seus olhares voltados para a vigilância epistemológica.

Referências Bibliográficas

- 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.
- 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.
- Bonfim, C. S.; Strieder, R. B.; Machado, P. F. L. (2022). Articulações entre Educação CTS e Natureza da Ciência na Pesquisa em Educação em Ciências. **ALEXANDRIA: R. Educ. Ci. Tec.**, 15(2), 307-333.
- DOMINGUINI, L. O Conteúdo Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-graduação em educação da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGE-UNESC), Criciúma, 2010.
- 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.
- MAXIMIANO, J. R; CARDOSO, L. DOMINGUINI, L. Física Moderna nos livros didáticos: um contraponto entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2012. Santa Maria. **VIDYA**, v. 33, n. 1, p.97-115, 2013.
- 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. (No prelo)
- 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.
- SIQUEIRA, M. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. 2012, 203 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- 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.
- TERRAZZAN, Eduardo 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.