

Concepções sobre a Natureza da Ciência na Abordagem do Efeito Fotoelétrico nos Livros Didáticos do PNLD 2018: um olhar a partir da teoria da transposição didática

Conceptions about the Nature of Science in the Approach to the Photoelectric Effect in the Textbooks of the PNLD 2018: a look from the theory of didactic transposition

Ana Caroline Thiara dos Santos

Universidade Estadual de Santa Cruz
carolthiara16@outlook.com.

Lincon Phyerry Maciel Batista

Universidade Estadual de Santa Cruz
linconphyerry@outlook.com

Carlos Alexandre Batista dos Santos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
carlos.batista@uesb.edu.br

Maxwell Roger da Purificação Siqueira

Universidade Estadual de Santa Cruz
mrpsiqueira@uesc.br

Resumo

O livro didático é um dos recursos de ensino mais utilizado em sala de aula pelo, tornando-se assim relevante analisar os conteúdos apresentados nele. Para tanto, utilizamos a teoria da Transposição Didática (TD), que aponta transformações ocorridas pelo saber, antes e após se tornar escolarizável. Nessas transformações, pesquisas têm evidenciado concepções de senso comum sobre a natureza da ciência (NdC) e o trabalho científico, nos LDs. Portanto, este trabalho apresenta uma análise da TD do efeito fotoelétrico nos LDs de física distribuídos pelo PNLD 2018. Metodologicamente, fundamenta-se na análise de conteúdo para avaliar as 12 coleções. A análise indicou aspectos que evidenciam os seguintes problemas: abordagem a-problemática e a-histórica, destaque a gênios, imagem descontextualizada e neutra da ciência, mais três processos da TD: despersonalização, dessincretização e descontextualização. Assim, percebeu-se o fortalecimento de abordagens tradicionais contribuindo para uma imagem distorcida da ciência e do trabalho científico.

Palavras-chave: Transposição Didática, Livro Didático, Efeito Fotoelétrico, Natureza da Ciência.

Abstract

The textbook is one of the most used teaching resources in the classroom, so it becomes relevant to analyze its contents. To do so, we used the theory of didactic transposition (DT), which signals the transformations occurred by knowledge, before and after becoming schoolable. In these transformations, research has shown the existence of common-sense conceptions about the nature of science (NoS) and scientific work, in textbooks. Therefore, this work presents a DT analysis of the photoelectric effect in the physics LDs distributed by PNL D 2018. Methodologically, it is based on Bardin's content analysis to evaluate 12 collections. The analysis indicated aspects that show the following problems: a-problematic and a-historical approach, emphasis on geniuses, decontextualized and socially neutral image of science, plus three DT processes: depersonalization, desyncretization, and decontextualization. Such problems strengthen traditional approaches and undermine the teaching of physics and the insertion of FMC in high school.

Key words: Didactic Transposition, Textbook, Photoelectric Effect, Nature of Science.

Introdução

A compreensão da ciência como uma construção humana tem sido tratada como objeto de pesquisa em Ensino de Ciências nos últimos anos (MARTINS, 2006; FORATO, 2009; FORATO et. al, 2011; MOURA, 2019; OLIVEIRA, 2021). Tais pesquisas apontam para a importância de um ensino voltado para o tratamento de aspectos sobre a natureza da ciência e do trabalho científico, que evidenciem não somente a interpretação de um fenômeno, mas as problemáticas do contexto de sua investigação, seus limites de validade, influências pessoais dos pesquisadores implicadas em suas investigações, etc. Aspectos como estes são retratados a partir do estudo da história e da natureza da ciência, especialmente em momentos críticos, como o caso da pandemia da COVID-19 demonstrando a importância de conhecer, a partir desses estudos, como a ciência se desenvolve, em detrimento do negacionismo e das pseudociências.

Nesse contexto, a Física permeia diversos setores da sociedade moderna, sendo também seu ensino uma preocupação das investigações que buscam dar significado a sua presença na educação básica, sem deixar de apontar problemas nesse processo, devido ao baixo desempenho estudantil no processo de ensino-aprendizagem em e sobre as ciências. Dessa forma, percebe-se que existe uma demanda acadêmico-científica relacionada à promoção da compreensão sobre o desenvolvimento da ciência e uma demanda social devido à melhoria da qualidade do ensino (SIQUEIRA, 2012).

Nessa direção, o saber relacionado ao seu desenvolvimento também deve progredir no ensino básico, fato este, que não é observado, uma vez que a física que compõe os currículos das escolas, aborda conhecimentos da física clássica desenvolvidos entre os séculos XVII e XIX. Com base nessa problemática, diversos autores defendem a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio, para contribuir com a atualização curricular e a diminuição na defasagem temporal que se cria ao ensinar apenas os conteúdos do período citado

anteriormente (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; BATISTA; SIQUEIRA, 2017.).

Considerando a necessidade da inserção da FMC no ensino médio, é possível trabalhar com a abordagem de fenômenos que marcam o nascimento desta área da física, desde seu início, até o desenvolvimento da Mecânica Quântica (MQ). Acredita-se que, com isso, é possível enfrentar, atualmente, um crescimento das pseudociências que empregam o termo “quântico”, visto que tais temas despertam o interesse e a curiosidade nas pessoas (MACHADO; CRUZ, 2016). Não obstante, por diferentes motivos, os conteúdos de FMC são timidamente ensinados em sala de aula, indicando que a relação entre a curiosidade, em torno desses assuntos, e sua ausência na escola leva os estudantes a buscarem informações em meios alternativos, arriscando-se ser ludibriada por falsas teorias disfarçadas de ciência (MACHADO; CRUZ, 2016). Por essa razão, é fundamental a efetiva inserção de tópicos da MQ nos livros didáticos, no sentido de preencher possíveis lacunas desse contexto problemático. Dessa forma, toma-se como referência o tópico do efeito fotoelétrico, cujo fenômeno aponta para o desenvolvimento da MQ, a partir do entendimento da interação da radiação com a matéria. Por sua vez, esta escolha se justifica por esse conteúdo ser comumente abordado, visando uma introdução da MQ na sala de aula do ensino médio (KLASSEN, 2011).

Além disso, existe uma latente preocupação quanto a qualidade da abordagem de conteúdos no processo de inserção da FMC nos livros didáticos. Isso porque, desde o início dos anos 2000, no Brasil, são distribuídos livros didáticos para a educação básica, em todas as classes estudantis da rede pública. Especialmente isso ocorre por meio do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Essa expressividade coloca o livro didático como um dos principais recursos de ensino utilizados em sala de aula, o que denota sua relevância para as pesquisas acadêmico-científicas (DOMINGUINI, 2010; DELIZOICOV, 2011).

Nessa direção, torna-se relevante compreender como os tópicos de FMC são abordados nos LD, bem como que tipo de imagem é transmitida para a classe docente e estudantil sobre a Natureza da ciência e do trabalho científico. Para tanto, fundamenta-se no aporte da teoria da Transposição Didática (TD) de Yves Chevallard (1991), que permite analisar as transformações sofridas pelo conhecimento científico, isto é, o saber sábio produzido pela comunidade científica. Nessa perspectiva, por meio da TD é possível compreender de que forma esse conhecimento se tornou um saber a ensinar e quais mudanças ocorreram nesse processo. Em face disso, o objetivo deste trabalho é compreender como o tópico do efeito fotoelétrico é abordado nos livros didáticos de Física distribuídos pelos PNLD 2018.

Natureza da Ciência e o Efeito Fotoelétrico

A temática NdC no ensino de Ciências, para conduzir uma alfabetização científica, é apontada por Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) como muito importante para a superação de visões de senso comum sobre a ciência e o trabalho científico. Forato (2009) ressalta que aprender sobre determinado fenômeno, baseando-se na sua origem histórica, pode favorecer a uma aprendizagem significativa, especialmente em detrimento de uma aprendizagem mecânica que transmite a ideia do conteúdo como um produto acabado. Acerca disso, Gil-Pérez et al. (2001) apontam para visões de senso comum sobre trabalho científico (Quadro 1). Tais visões distorcidas podem ser associadas a TD e a textualização do saber relacionado ao fenômeno do tópico do EF, especialmente identificando trechos de textos nos livros didáticos que evidenciam e potencializam a propagação dessas visões.

Quadro 1: Visões de senso comum sobre o trabalho científico (GIL-PÉREZ et al., 2001).

Visão deformada	Breve Descrição	Categoria
Concepção empírico indutivista e a-teórica.	Destaca-se o papel neutro da observação e da experimentação, sem considerar o significado das hipóteses e das teorias que guiam a investigação.	1
Visão rígida	O método científico é apresentado como um conjunto universal de etapas que devem ser seguidas de forma rígida e sem modificações.	2
Visão a-problemática e a-histórica.	Apresenta o conhecimento, sem abordar as problemáticas associadas à sua origem e ao seu processo de construção.	3
Visão exclusivamente analítica.	Os conhecimentos são fragmentados, tornando-se independentes de seu contexto histórico-cultural	4
Visão cumulativa e linear do crescimento científico.	Interpretação simplista da evolução da ciência, que cresce linearmente e de forma cumulativa.	5
Visão individualista e elitista.	O conhecimento é associado, apenas, a um cientista, que é apresentado como gênio isolado do processo coletivo de construção. Ignoram-se os demais sujeitos que contribuíram com a ciência.	6
Visão socialmente neutra da ciência.	Ignoram-se a relação da produção científica entre as relações de ciência, tecnologia e sociedade (CTS), tratando cientistas como seres isolados da sociedade.	7

Fonte: autores.

Essas visões não devem ser tratadas como únicas ou absolutas, conforme destaca Gil-Pérez et al. (2001), pois existem outras deformações e formas de abordar a ciência que ocultam a NdC. No entanto, “essas concepções aparecem associadas entre si, como expressão de uma imagem global ingênua da ciência que se foi decantando, passando a ser socialmente aceite” (GIL-PÉREZ et al., 2011, p. 134). Em conformidade com a TD, as setes (7) visões deformadas apontadas por Gil- Pérez et. al. (2001) serão utilizadas como parâmetro para analisar o tipo de imagem sobre a NdC e o trabalho científico, que não deve ser transmitida pelas abordagens dos conteúdos dos livros didáticos de física.

Percurso Metodológico

A análise foi realizada em doze coleções de Física distribuídas pelo PNLD 2018. Cada coleção possui três volumes. O critério de análise obedeceu a ordem decrescente de distribuição. Por exemplo, a sigla Col.1., refere-se à coleção com maior quantidade de exemplares. A distribuição, por nome, pode ser vista no (Quadro 2). Ao todo foram distribuídos (10.813.428) dez milhões, oitocentos e treze mil e quatrocentos e vinte e oito exemplares.

Quadro 2: Indicativos por coleção de Física do PNLD 2018.

Título das coleções	Sigla da coleção	Quantidade de exemplares distribuídos por coleção
Física	Col.1	2.176.451
Física, Aula por aula	Col.2	1.384.620
Ser Protagonista	Col.3	1.095.273
Conexões com a Física	Col.4	988.290

Física para o Ensino Médio	Col.5	976.000
Física	Col.6	873.276
Física, Ciência e Tecnologia	Col.7	792.752
Física, Contexto e Aplicações	Col.8	740.522
Física em Contextos	Col.9	555.902
Física, Interação e Tecnologia	Col.10	515.078
Compreendendo a Física	Col.11	394.051
Física	Col.12	321.213

Fonte: Autores.

Por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 1977), pautada em: (a) pré-análise, (b) exploração do material, (c) tratamento de resultados, inferência e interpretação, definimos como *corpus* da pesquisa, os LD que abordam a MQ e o EF como conteúdo. Partindo, assim, para o estudo da história de construção do conhecimento referente ao EF, a partir de fontes secundárias (KRACH, 1992; KRACH, 1999; ROCHA, 2002; STUEWER, 2006; KLASSEN, 2011; SILVA; FREIRE JR, 2014).

Destaca-se que, apesar do saber sábio se constituir como as fontes primárias, buscamos fontes de historiadores da ciência, uma vez que tais autores são responsáveis por traçar as relações dos processos de construção dos conhecimentos produzidos pela ciência, baseando-se nas fontes primárias. Nesta etapa, fizemos a leitura de materiais (livros, artigos, notas de aula etc.) e, a partir dessas fontes, traçamos a história em torno das investigações sobre o efeito fotoelétrico, desde a sua detecção e problematização inicial, até a resolução da investigação com a explicação do fenômeno.

A análise foi guiada por aspectos que evidenciam alguns atributos da TD, estes aspectos são específicos ao EF, sendo selecionados a partir de estudos da história da construção do conhecimento. Por isso, eles são representados pelas seguintes perguntas: Que cientistas ganham destaque pela detecção do EF, nos livros didáticos? (P-1). Que livros citam apenas Einstein? (P-2). Como é apresentada a proposta experimental de Millikan? (P-3). O Efeito Compton é retratado como primordial para a comprovação da teoria de Einstein? (P-4). O nome fóton é atribuído como termo utilizado por Einstein? (P-5). Com essas perguntas, é possível analisar como a TD do *saber sábio* relacionado ao EF ocorreu, destacando distorções no trabalho científico.

Resultados e Discussão

Por meio dos pressupostos teórico-metodológicos, primeiramente, foi identificado que todas as doze coleções de LD abordam conteúdos da FMC, incluindo a MQ. O tópico do EF encontra-se majoritariamente em onze delas, particularmente, no terceiro volume, com uma pequena exceção para a Col. 10. que aborda esse tópico no seu segundo volume.

Com base nas cinco perguntas, os aspectos atrelados às visões deformadas do trabalho científico no (Quadro 01) e aos atributos (processos de TD), foi possível constatar diversos aspectos distorcidos. Por exemplo, para a P-1 e P-2, associadas ao processo de *despersonalização* (seletiva), enquanto às fontes históricas apontam que o físico russo Aleksander Stoletov (1839 - 1896) foi o primeiro cientista a detectar o fenômeno do EF (ROCHA, 2002), essa descoberta é atribuída ao físico alemão Heinrich Hertz (1857 - 1894). Tal problema é observado nas (Col. 1. Co. 2. Col. 3. Col. 4 e Col. 7.) que não citam a contribuição do trabalho de Stoletov para esse

acontecimento histórico.

Por uma perspectiva mais crítica, apesar dessa despersonalização estar relacionada ao fato de que as pesquisas sobre o fenômeno do EF foram realizadas após a detecção de Hertz, essa invisibilidade da contribuição de Stoletov denota uma grande distorção da história da ciência e do processo de construção de conhecimento.

Acerca disso, com o maior número de exemplares distribuídos, a (Col. 1.) chega a abordar o EF como “o fenômeno de Hertz” (BONJORNNO, 2016, p. 230). A Col. 8. e Col. 12 apresentam uma despersonalização, ainda mais seletiva, de modo que apenas o cientista responsável pela explicação final ganha maior destaque. Esse problema reflete as imagens distorcidas das categorias 3 e 6 (Quadro 1).

Para P-3, atrelada ao processo de dessincretização, constata-se que as (Col. 1, Col. 6. e Col. 9.) dão créditos aos trabalhos de Robert Andrews Millikan (1868 - 1953). Acerca disso, a história da ciência aponta que Millikan elaborou seu experimento, na tentativa de encontrar uma fórmula matemática que relacionasse a energia máxima do elétron ejetado e a frequência da luz incidente. Porém, ele acabou corroborando experimentalmente com a equação proposta por Einstein e encontrando a função trabalho do metal que foi utilizado (KRAGH,1999; STUEWER, 2006; KLASSEN, 2011). No entanto, esse dado histórico importante não é observado nessas coleções que mencionam os trabalhos de Millikan. Isso implica dizer que, em seu processo de TD, a abordagem do tópico do EF não contempla aspectos históricos fundamentais inerentes ao seu próprio nicho epistemológico. Em outras palavras, esse problema revela uma maior necessidade de vigilância epistemológica no processo de TD nos LDs.

Por exemplo, a (Col. 1.) cita apenas que Millikan comprovou a teoria de Einstein. Sobre isso, sabe-se que, de fato, o físico alemão propôs uma equação que se encaixava nos moldes do problema. No entanto, ocultam-se as motivações que levaram Millikan a propor e realizar o experimento, reforçando as visões das categorias 1, 2, 3 e 5 do (Quadro 1), já que todo o processo não seguiu um método científico universal. De forma semelhante, a (Col. 6.) apresenta uma abordagem na qual a equação proposta por Einstein, posteriormente, foi demonstrada por Millikan como correta, mas ocultando também as motivações que levaram a esse trabalho teórico-experimental.

Por exemplo, a Col. 9 faz uma abordagem semelhante à Col. 6, pois também afirma que o experimento de Millikan “comprovou” a equação proposta por Einstein. O trecho da Col. 1 destaca que: “A explicação compatível com os fatos experimentais foi dada por Einstein, em 1902, e publicada, em 1905. No ano seguinte, foi confirmada por experimentos realizados pelo físico estadunidense Robert Millikan (1868 – 1953)” (BONJORNNO, 2016, p. 231). Já a Col. 9 aborda que: “Em 1916, o físico estadunidense Robert Millikan (1868 – 1953), (...) numa série de medidas comparativas e cuidadosas, confirmou essa teoria e apresentou resultados como os ilustrados no Gráfico 8.5.” (PIETROCOLA et al., 2016, p. 204).

A partir desses pequenos trechos de textos, nota-se o efeito do processo de dessincretização, pois os exemplos evidenciam uma ciência a-problemática, cujos conflitos em torno da teoria de Einstein são ignorados. Por sua vez, isso fortalece a visão de desenvolvimento da ciência, por meio de um processo cumulativo, que enfatiza as experiências científicas como teste de comprovação lógica (verdadeira ou falsa) das teorias científicas.

Para a P-4, relacionada ao experimento de Compton como primordial para que a teoria proposta por Einstein fosse aceita pela comunidade científica, a história da ciência aponta que Compton não tinha a intenção de comprovar o caráter corpuscular de ondas eletromagnéticas, mas estudar o efeito do espalhamento produzidos pelos trabalhos de Joseph John Thomson (1856 - 1940) -

(STUEWER, 2006; KLASSEN, 2011; SILVA; FREIRE JR., 2014). Nenhuma das coleções cita o Efeito Compton nas partes dedicadas ao Efeito fotoelétrico e apenas a Col.1 aborda o efeito, mas em partes separadas e sem relação direta entre ambas. Dessa forma, onze das doze coleções apresentam elementos da dessincretização e descontextualização, evidenciando as visões deformadas (1, 3 e 4).

Por fim, para a P-5, relacionada ao fato de o termo fóton ter sido atribuído ao “quantum” de luz - menor unidade de medida para a energia radiante - no ano de 1926, pelo físico-químico estadunidense Gilbert Newton Lewis (1875 - 1946) - (KLASSEN, 2011; REGO, 2021), trechos que apontam Einstein como responsável; ou que apenas citam as mudanças de termos, sem atribuir um autor, evidenciam o elemento da despersonalização (seletiva). Nesse sentido, apenas as Col. 4, Col. 7 e Col.11 atribuem a Lewis o crédito de cunhar o termo fóton. A Col.11, por exemplo, traz essa informação como uma curiosidade à parte (GASPAR, 2016, p. 193). Já as Col. 4 e Col.7 abordam esse termo (fóton) como parte do texto. Notamos, também, que, em alguns trechos da Col.3, as informações sobre essa mudança de termo são destituídas de seu verdadeiro autor (VÁLIO, 2016, p. 214); enquanto a Col. 5, erroneamente, pode transmitir a ideia de que o termo fóton foi cunhado por Einstein, ao destacar a seguinte afirmação: “Einstein denominou os elementos de onda, cuja energia é compartimentada em quantum de luz, de fótons”. (BISCUOLA, 2016, p. 252).

Não obstante, atentando-se para o elemento da descontextualização e da categoria 3 (Quadro 1), o contexto histórico indica que, durante as investigações iniciais, as explicações científicas eram baseadas no que se sabia acerca do eletromagnetismo de Maxwell. Adjacente a isso, Hertz estava tentando detectar ondas eletromagnéticas, mesmo não sendo o primeiro a detectar o fenômeno do EF. Além disso, apesar da hipótese de Planck para o problema da radiação de um corpo negro já ser conhecida, apenas Einstein, em 1905, propõe uma explicação teórica alinhada a hipótese Planck, mesmo não tendo como base exatamente o que foi feito por Planck. Nesse contexto, apesar de apontar na direção científica correta, a hipótese de Einstein foi constantemente atacada e rejeitada pela comunidade científica da época (KRAGH, 1992; KLASSEN, 2011; ROCHA, 2012).

Com base nesse cenário histórico, algumas coleções abordam o físico Hertz, como o primeiro a detectar o fenômeno do EF, mediante a realização de experimentos para “comprovar” a teoria eletromagnética de Maxwell, a partir da detecção das ondas de rádio. Em razão disso, é possível observar o processo de descontextualização nas coleções, a partir de dois grupos distintos. O Grupo 1: coleções que abordam o contexto da detecção de Hertz, sendo as Col. 1, Col. 2, Col. 4, Col. 6, Col. 7, Col. 9. e Col. 11 e o Grupo 2: coleções que não abordam esse contexto, que são as Col. 3, Col. 5, Col.8, Col. 10, volume 2 e a Col. 12.). Todavia, é importante sinalizar que a (Col. 3.), mesmo mencionado o aspecto histórico da não aceitação da hipótese do fóton, em um pequeno trecho de texto (in box) intitulado de “conceito em questão” (VÁLIO, 2016, p. 214), não aprofunda a discussão sobre os embates fomentados pela hipótese de Einstein.

Em conformidade com essas constatações, é possível notar que os processos de descontextualização e de dessincretização podem ser identificados em trechos comuns nas coleções dos dois grupos. Acerca disso, Chevallard (1991) afirma que esses processos ocorrem na TD devido aos conteúdos serem abordados de modo parcial. O que dificulta a compreensão do significado dos fenômenos científicos estudados dentro de seu contexto histórico-cultural. Em outras palavras, os conteúdos nas Col. 6, Col. 9 e Col. 11 são apresentados de forma parcial e/ou sequencial, em relação aos acontecimentos históricos, reforçando as imagens distorcidas da ciência e do trabalho científico sinalizadas pelas categorias 3, 4 e 5 do (Quadro 1.)

Contudo, é importante sinalizar que existe, mesmo que de modo problemático, uma preocupação dessas coleções em apontar aspectos da história da ciência, abordando seletivamente alguns cientistas e parte do processo de construção de conhecimento científico. Isto é, de modo incipiente, sinalizam algumas problemáticas que transmitem uma visão de ciência, mais ampla, como uma construção humana.

Por exemplo, a Col .9 tem a preocupação de abordar os experimentos que foram realizados, os cientistas executores, explicitando teoricamente suas ideias. Porém, o processo de despersonalização (seletiva) continua, pois ocultam-se os trabalhos de Hallwachs e Stoletov. Apesar disso, essa coleção aborda um contexto de desenvolvimento científico, discutindo o que havia de conflito com a teoria clássica de Maxwell e a forma como o EF foi detectado por Hertz. De modo semelhante, a Col. 11 realiza uma discussão teórica sobre o EF, destacando como esse fenômeno foi descoberto e quais as suas implicações, em relação às teorias que surgiram para explicá-lo. Contudo essa abordagem sofre do problema de despersonalização (seletiva), pois desconsidera os trabalhos de Millikan, Hallwachs e Stoletov.

Com efeito, essas três coleções somam cerca de 1.925.953 de exemplares, o que equivale a quase 18% das coleções distribuídas. Além disso, esse valor é muito próximo da quantidade distribuída da Col. 1, maior tiragem, que é destacada, aqui, por defasagens históricas que prejudicam a maneira como é interpretado o fazer científico e a NdC. Por um lado, esse quantitativo indica quais abordagens chegam com mais frequência até os alunos e professores da educação básica e, por outro, aponta os livros mais tradicionais que tendem a ser os mais distribuídos.

Adjacente a isso, também, constata-se uma abordagem histórica empobrecida na Col. 12, devido à sua preocupação em explicar a teoria e matematizar o conteúdo. Essa abordagem evidencia problemas de despersonalização, descontextualização e dessincronização, respectivamente, pois: citar apenas Einstein quando trata diretamente do EF; não aborda o contexto da detecção desse fenômeno; e não dá nenhum enfoque sobre a relação e o processo de formulação das hipóteses e realização dos experimentos.

Nessa perspectiva, percebe-se que todas as coleções apresentam aspectos do processo de TD, buscando tornar os conteúdos compreensíveis para estudantes da educação básica. No entanto, é imprescindível considerar que esse processo de TD devem ser tomados como referência daquilo que não deve ser, de forma alguma, contemplado pelas abordagens dos livros didáticos. Em outras palavras, a TD dos conteúdos científicos não pode contribuir com a transmissão de visões equivocadas sobre o processo de construção do conhecimento científico nem sobre a natureza da ciência. Esses problemas comprometem a compreensão crítica estudantil sobre esses dois aspectos focais, reforçando e fortalecendo sua reprodução pelos docentes (professoras e professores) que utilizam os LD de física como única fonte de planejamento e desenvolvimento de suas aulas.

Por fim, no que confere ao entrelaçamento entre as imagens distorcidas, categorias 3 e 4 (Quadro 1) — Visão aproblemática e a-histórica; Visão exclusivamente analítica — associadas ao processo de programabilidade desses conteúdos, as coleções podem ser separadas entre as que seguem uma ordem cronológica em relação a MQ: Col. 1, Col. 4, Col. 7 e Col. 12 e as que não seguem: Col. 2, Col. 3, Col. 5, Col. 6, Col.8, Col. 9 e Col. 11.

Outro aspecto importante desse entrelaçamento, é que as categorias 3 e 4 são evidenciadas para o EF nas Col. 1, Col. 3, Col. 5, Col. 6, Col. 7, Col. 8 e Col. 12, cujos conteúdos estão dispostos logo em seguida ao conteúdo de “Radiação de corpo negro”. Na Col. 2, o conteúdo é abordado após o átomo de Bohr; Col. 4, a abordagem se dá no primeiro conteúdo do capítulo de MQ;

Col. 9, no sumário, encontra-se em um capítulo destinado às discussões de fenômenos e teorias que surgiram a partir de investigações relacionadas à natureza da luz, de forma semelhante à Col. 11. Nota-se ainda que a maioria dos livros segue um padrão na abordagem do fenômeno do EF, logo após o problema da radiação de corpo negro, relacionando a quantização da energia dos osciladores do corpo negro com a quantização da energia dos fótons. Já os livros didáticos, aqui destacados, por trazer uma abordagem histórica, trazem esse conteúdo com os outros fenômenos relacionados à natureza da luz.

Considerações Finais

Por meio deste trabalho, foi possível compreender a abordagem do EF nas coleções de Física distribuídas pelo PNLD 2018, especialmente por evidenciar como a textualização tornou o saber escolarizável, porém, ainda, permeado de visões de senso comum apontadas pela literatura. Especificamente, essas visões sobre o trabalho científico, em todas as coleções, reforçam os processos de *dessincretização*, *descontextualização* e *despersonalização*. Adjacente a isso, as visões a-problemática e a-histórica são as mais recorrentes, evidenciando uma ciência neutra que oculta as problemáticas vivenciadas para resolução e construção da explicação fenomenológica do EF.

Nos livros, aqui analisados, notamos a preocupação dos autores em inserir a FMC na educação básica, mas com moldes abordados como o da Física Clássica. Este fato distorce o sentido de uma nova Física, uma vez que, após os surgimentos dos fenômenos da FMC, a ideia foi justamente não seguir os velhos padrões científicos conhecidos. Fato que se torna contraditório, em termos de uma abordagem que prejudica a compreensão da FMC presente nos livros.

Foram identificados padrões em abordar a MQ e, conseqüentemente, o tópico do EF, sempre no último volume das coleções. O que contribui para o problema apontado em relação ao tempo disponível para a disciplina de Física na educação básica. Perpetuando-se, também, a concepção de que é necessário entender a Física Clássica, para posteriormente compreender a FMC.

Vale destacar, ainda, que a análise realizada não agrega juízo de valor sobre a TD, apenas aponta as limitações e deformações encontradas na forma como o conteúdo se tornou *saber a ensinar*. Considera-se, também, que a pesquisa realizada fornece subsídios para compreender as diferenças entre a abordagem da FMC nos novos livros didáticos do PNLD 2018, antes e depois da reforma do novo ensino médio e da promulgação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Agradecimentos e apoios

Agradeço a FAPESB e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa e a Universidade Estadual de Santa Cruz.

Referências

ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis v. 17, n. 2, p. 174 – 182, ago., 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9064/9118>. Acesso em: 20 de nov., 2020.

ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M., **A didática das Ciências**. Papirus, Campinas, 2006.
BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70, Lisboa, 1977.

BATISTA, C. A. S.; SIQUEIRA, M. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.34, n. 3, p. 880 – 902, dez.2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175> 7941.2017v34n3p880/35527. Acesso em: 20 de nov., 2020.

BISCUOLA, G. J **Física**: eletricidade, física moderna. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 400 p. (3).

BONJORNO, J. R. **Física**: eletromagnetismo, física moderna. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigação em Ensino de Ciências**, v.10, p. 387- 404, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26604688_Are_the_rules_for_Didactical_Transposition_applicable_to_the_concepts_of_modern_physics. Acesso em: 20 nov., 2020.

CARVAJAL, C.A.; VÁSQUEZ, J.C. La transposición didáctica: Un Ejemplo en El Sistema Educativo Costarricense. **UNICIENCIA**, v.26 p. 153-168, 2012.

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

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. 2ed. Cortez, São Paulo, 2011.

DOMINGUINI, I. **Conteúdo Física Moderna Nos Livros Didáticos do PNLEM**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGE-UNESC). Criciúma, 2010.

ERROBIDART, N. C. G; **GOBARA**, S. T. Aspectos da Transposição Didática de ondas sonoras em Livros Didáticos de Física (PNLEM). In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. São Paulo, 2011.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Acesso em: 29 de jul., 2022.

FORATO, T.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, 2011.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 3.ed. São Paulo: Ática, 2016. 400p.

GIL-PÉREZ, et.al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n. , pp.125-153, 2001.

KLASSEN, S. The Photoelectric Effect: Reconstructing the Story for the Physics Classroom.

Science & Education, v. 20, n. 7–8, p. 719–731, 2011.

KRAGH, H. A Sense of History: History of Science and the Teaching of Introductory Quantum Theory. **Science & Education**, v. 1, p. 349–363, 1992.

KRAGH, H. **Quantum generations**: a history of physics in the twentieth century. New Jersey: Princeton University Press, 1999.

MACHADO, S.S.L; CRUZ, F.F.S. A Teoria Quântica e a Apropriação do Conhecimento Científico: O uso da História e Filosofia da Ciência pelos Misticismos. In: 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia. Florianópolis, Santa Catarina, 2016.

MARTINS, R. A. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. Pp. xxi-xxxiv, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MOURA, B. A. Leitura Contextualizada de Fontes Primárias: Subsídios para incluir a história das ciências em situações de ensino. In: **Objetivos humanísticos, conteúdos científicos**: contribuições da história e da filosofia da Ciência para o ensino de Ciências. [Livro eletrônico]. Ana Paula Bispo da Silva, Breno Arsioli Moura (Organizadores). Campina Grande: EDUEPB, 2019.

OLIVEIRA, R. A, et. al. Natureza da Ciência por meio de narrativas históricas: limites e potencialidades. **Experiência em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 16, n. 2, 2021.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Física contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona: v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/142477>. Acesso em: 20 nov., 2020.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**.

São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

ROCHA, J.F.M. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

SILVA, I. FREIRE JR., O. A descoberta do efeito Compton: De uma abordagem semiclassica a uma abordagem quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/ZxnY9LHbJCVBDgYLxP3YTZN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 mai., 2021.

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) -Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em:



**XIV
ENPEC**

Caldas Novas - Goiás

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-04102012133540/publico/MAXWELL_ROGER_DA_PURIFICACAO_SIQUEIRA.pdf

Acesso em: 13 nov. 2020.

STUEWER, R.H. Historical Surprises. **Science & Education**, v. 15, p. 521–530, 2006.

VÁLIO, A. B. M. **Ser Protagonista**: física. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016. 288

