

**Artigo****A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA APLICADA AOS RAIOS X NAS COLEÇÕES DIDÁTICAS DE FÍSICA DO PNLD (2018-2020)****Alvaro Cesar da Silva Junior****Leandro Londero****Resumo**

A Teoria da Transposição didática se configura como uma maneira de realizar a vigilância epistemológica frente aos conteúdos que são objetos de ensino nas escolas. Perante isso, objetivamos aplicar esse conceito à física dos Raios X presente nas coleções didáticas de física integrantes do Programa Nacional do Livro Didático do governo federal brasileiro (2018-2020). Partimos do caráter epistemológico da teoria da Transposição Didática e buscamos encontrar vestígios da descontextualização e despersonalização. Discussões acerca dos Raios X foram identificadas por meio da leitura integral dos textos que compõem os volumes das coleções analisadas. Em seguida, comparamos o material textual identificado nas coleções com o saber sábio adotado. Das 12 coleções analisadas, 10 delas contemplavam conceitos acerca dos Raios X. A análise mostrou que os livros utilizaram abordagem de caráter unicamente qualitativo, além de terem feito referência à figura de um único pesquisador, ignorando a formação coletiva da ciência. Concluímos que a transposição ocorrida se configura de forma reducionista do saber sábio, implicando na visão ingênua, que ainda é consensual, que representa o cientista como um gênio solitário a realizar descobertas em seu laboratório. Uma falsa impressão acerca da ciência e do trabalho do cientista.

**Palavras-Chave:** Transposição didática, Raios X, Coleções Didáticas, Vigilância Epistemológica, PNLD 2018.

## INTRODUÇÃO

A Teoria da Transposição Didática é uma possibilidade de análise das transformações ocorridas entre objetos de saber e objetos de ensino. Chevallard (1991), aproxima a transposição didática do campo de ensino da matemática, no qual define a teoria da seguinte forma.

*“Um conteúdo do saber que tenha sido designado como saber a ensinar sofre a partir de então um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que faz de um objeto do saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado transposição didática” (CHEVALLARD, 1991, p. 45).*

De acordo com Errobidart e Gobara (2011), Chevallard (1991) estabelece a existência de três tipos de saberes, o primeiro é resultante da produção científica (saber sábio), o segundo é elaborado a partir de um conjunto de transformações realizadas sobre o saber sábio (saber a ensinar) e por fim o saber apresentado aos alunos pelo professor em sala de aula (saber ensinado).

As transposições que ocorrem entre os saberes são classificadas em duas etapas. A primeira caracteriza-se como transposição externa e encontra-se na passagem do saber, da maneira como foi desenvolvido para a maneira como encontra-se disponível ao ensino. A segunda, denominada transposição interna, ocorre em sala de aula, na passagem do objeto a ensinar para o que de fato constitui-se como saber ensinado. Os responsáveis por realizar essas transformações e de definir quais saberes são ensináveis, fazem parte de uma esfera denominada noosfera (professores, especialistas, agentes governamentais, editores de obras didáticas, entre outros).

Na transposição externa, foco deste trabalho, ocorre a etapa de construção do saber a ser ensinado, o qual se afasta em sua natureza dos saberes que lhe deram origem. Neste estágio existe o que Chevallard denominou de “constrangimentos” didáticos, que são processos com os quais se caracteriza a reconstrução textual do saber. São eles os processos de descontextualização, despersonalização, dessincretização, programabilidade e publicidade.

Nosso trabalho delimita o campo de estudo entre os processos de despersonalização e descontextualização, como indicado na próxima seção, ambos presentes na teoria da transposição didática de Chevallard.

Siqueira e Pietrocola (2006) definem a despersonalização como um processo que se encontra entre a criação e a publicação do saber, responsável por eliminar elementos emotivos e processuais, valorizando o encadeamento lógico e a neutralidade de sentimentos, caracterizando uma reformulação do saber. A descontextualização, é definida por Souza et. al. (2012) como o processo que retira o saber sábio de seu contexto original, o que consiste no desligamento dos problemas que lhe deram sentido.

Sendo assim, os processos descritos são definitivos para que o saber desenvolvido pela academia, possa ser desvinculado de seu contexto original e da figura que lhe deu origem, para que assim possa ser recontextualizado, de forma a abranger os parâmetros esperados para o saber a ensinar.

Por fim, Chevallard adiciona à teoria da transposição didática o exercício da vigilância epistemológica, realizada por professores e membros da academia, assumindo o processo como ferramenta da didática, no viés de avaliar a maneira como o objeto de ensino se constitui em sua forma final, distanciando-se de simplificações e noções básicas na formulação do saber a ser ensinado.

Em nossa análise, estaremos exercendo a vigilância epistemológica, uma vez que questionaremos como os Raios X foram transpostos para o ensino e qual a relação entre a construção deles e sua abordagem didática. Entre as vantagens da transposição didática destacamos que ela pode tornar ensináveis os saberes construídos pela comunidade científica, e com isso pode possibilitar ao aluno sua apropriação.

Nosso estudo parte da necessidade de analisarmos os saberes referentes aos conteúdos de Física Moderna em manuais escolares de física, uma vez que estes conteúdos têm sido adicionados aos saberes obrigatórios que compõem o currículo do Ensino Médio no contexto brasileiro e internacional. Perante isso, procuramos responder à seguinte questão: *Como ocorreu a transposição do saber sábio relacionado aos Raios X para os manuais de física aprovados no Programa Nacional do Livro Didático do governo federal brasileiro (2018-2020)?*

Nossa pesquisa procurou responder as seguintes questões norteadoras: a) Quais os vestígios de processos norteadores da transposição didática (despersonalização e descontextualização) relacionados aos Raios X são encontrados nos manuais analisados? b) Qual influência o contexto histórico e a estruturação matemática representam para o tópico dos Raios X? c) Nas obras analisadas são apresentadas imagens deformadas do trabalho científico?

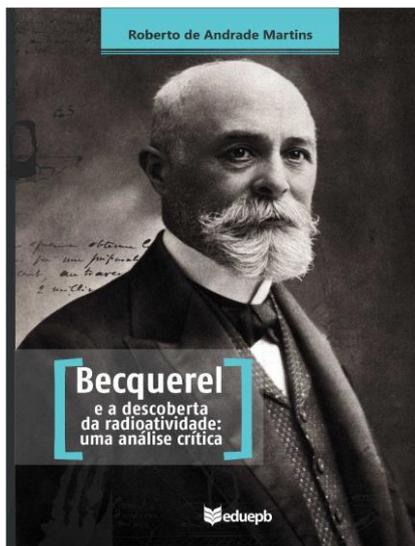
## **METODOLOGIA**

De início, no intuito de viabilizar a análise, selecionamos o saber sábio a ser utilizado como referência. Escolhemos o livro nomeado "*Becquerel e a descoberta da radioatividade: uma análise crítica*", cuja capa é reproduzida na figura 01, escrito por Roberto de Andrade Martins, que aborda os fatores que influenciaram na descoberta dos Raios X. A escolha dessa obra se deve ao fato de trazer informações tanto históricas quanto conceituais, que participaram do processo de construção do conhecimento. Além disso, o autor da obra é reconhecido pela comunidade científica por realizar pesquisa histórica de qualidade.

Identificamos no saber referência quais tópicos estão atrelados ao contexto do desenvolvimento da física dos Raios X, buscando os cientistas envolvidos na teoria e suas contribuições. Os dados foram sistematizados e encontram-se na tabela 1. Por sua vez, nos

manuais escolares, buscamos identificar a presença de discussões referentes: à contribuição de Wilhelm Conrad Röntgen (figura 2), aos predecessores à pesquisa de Röntgen e as pesquisas posteriores à descoberta dos Raios X.

**Figuras 1 e 2** – Capa da obra de Roberto de A. Martins e fotografia de Wilhelm Conrad Röntgen



Fonte: Disponível em: <https://corepointhealth.com/rsna-2014/>

**Quadro 1** - Conteúdo caracterizado como saber sábio

Nº de ordem	Cientista(s)	Contribuições
01	Wilhelm Conrad Röntgen	Descoberta dos Raios X
02	Jean Baptiste Perrin	Transparência dos materiais, propagação retilínea dos Raios X, ponto de origem dos Raios. Negou a existência de qualquer relação entre luminescência e emissão de Raios X
03	Pierre de Heen, Ralph Lawrence, Georges Meslin, Boris Galitzine e Alexander de Karnojitsky	Ponto de origem dos Raios X
04	Jean Armand Imbert e Henri Bertin	Ponto de origem e Reflexão dos Raios X
05	Léon Joly, George Fitzgerald e Frederick Trounton, Dwelshauvers-Dery	Reflexão dos Raios X
06	Victor Chabaud, Marurice Meslans, Joseph John Thomson, Louis Benoist e Dragomir Hurmuzescu, Vittorio Sella e Quirino Majorana	Absorção
07	Charles Glover Barkla	Polarização dos Raios X
08	Georges Sagnac	Difração
09	Oliver Lodge	Ausência de influência por campos magnéticos

10	Odilon Lannelongue, Toussaint Barthélémy e Paul Oudin	Aplicação dos Raios X no caso da osteomelite
11	James Williams Gifford	Aprimoramento na produção de Raios X
12	J. J. Thomson	Descarga de metais eletrizados, efeitos de ionização pelos Raios X, origem dos Raios X pelo método elétrico, ponto de origem dos Raios X
13	Charles Henry e Gaston Henri Niewenglowski	Emissão de Raios X por materiais excitados pela luz solar, antes e após a exposição

Optamos por analisar os manuais escolares de física aprovadas no último Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do governo federal (triênio 2018-2020), estabelecido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) por serem de ampla distribuição nacional e estarem presentes na maioria das escolas públicas do país. Os manuais analisados foram identificados pelos seguintes códigos: CD 01 – Gaspar (2016); CD 02 – Oliveira et al. (2016); CD 03 – Piqueira et. al. (2016); CD 04 – Silva e Barreto (2016); CD 05 – Máximo e Alvarenga (2016); CD 06 – Bonjorno et al. (2016); CD 07 - Filho e Toscano (2016); CD 08 – Fuke e Yamamoto (2016); CD 09 – Biscuola et al. (2016); CD 10 – Fukui et al. (2016); CD 11 – Sant’anna et al. (2016); CD 12 – Torres et al. (2016). A sigla CD significa Coleção didática. Cada manual é composto por três volumes.

Os conteúdos (textual e imagético) que tratam dos Raios X foram identificados a partir da leitura integral dos textos. Em seguida, realizamos a comparação entre o conteúdo presente nos manuais e aquele que consta no saber de referência, com destaque na presença das marcas da transposição externa ocorrida, em especial: a descontextualização e a despersonalização.

Por fim, os resultados foram apresentados de forma textual, por manual escolar, com a sistematização das análises realizadas e com destaque dos aspectos que julgamos importantes em cada manual analisado, sendo possível estabelecer um panorama geral para responder à questão de estudo e procurar implicações para o ensino de física.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos 12 manuais do PNLD, 10 abordaram os Raios X. Não encontramos presença de discussões a respeito dos Raios X apenas nas coleções CD 08 – Fuke e Yamamoto (2016) e CD 09 – Biscuola et al. (2016). Vale ressaltar que o conteúdo referente aos Raios X foi identificado apenas no volume 3 de cada manual.

### A. CD 01 – Gaspar (2016)

A CD 01 inicia a discussão em meio à unidade de Física Moderna, por meio da apresentação da dificuldade dos físicos frente aos problemas que surgiram na física no final

do século XIX, usando como exemplo os Raios X e a radioatividade, como pode ser observado no trecho reproduzido a seguir.

*"Enquanto os físicos tentavam descobrir a solução para a natureza dos raios catódicos e do espectro da radiação térmica, duas novas descobertas aumentaram o repertório de questões para as quais a Física não tinha respostas, que já era desagradavelmente grande: os raios X e a radioatividade, duas das raras descobertas acidentais da Física" (GASPAR, 2016, p. 268).*

Em seguida, a CD 01 detalha o trabalho de Wilhelm Röntgen e sua pesquisa, explica a metodologia aplicada pelo pesquisador e faz uso da imagem da radiografia da mão da esposa de Röntgen. Ainda, comenta sobre as aplicações dos raios na medicina e sobre a continuidade da pesquisa desenvolvida por Röntgen.

*"A descoberta dos raios X desencadeou uma extraordinária mobilização tanto na Física como na Medicina. Um ano depois da descoberta já havia mais de mil trabalhos sobre o assunto" (GASPAR, 2016, p. 269).*

Podemos inferir que a transposição didática ocorrida na CD 01 não ignorou as origens e a história do saber sábio. Apresentou uma perspectiva puramente histórica do ocorrido, minimizando o processo de descontextualização uma vez não ocorreu a recontextualização do saber, se limitando à uma narrativa dos acontecimentos que levaram à descoberta dos Raios X.

A análise da obra permite afirmar que o processo de despersonalização também é minimizado, uma vez que apresenta um quadro que trata da vida de Röntgen, e uma carta enviada pelo físico após sua descoberta.

## **B. CD 02 - Oliveira et al. (2016)**

A CD 02 iniciou a discussão referente aos Raios X em meio ao tópico de decaimento radioativo, como base para o entendimento do que seria abordado posteriormente. O aparato experimental utilizado por Röntgen na descoberta dos chamados Raios X foi exposto na obra. Ainda, foram exibidas as aplicações práticas recorrentes da pesquisa e os impactos que repercutiram na academia científica, como reproduzido a seguir.

*"Quando apresentou o resultado de seu trabalho, em 1896, Röntgen demonstrou como os raios X podiam atravessar o corpo de uma pessoa, exceto os ossos. Aparecia então a primeira radiografia da história, mostrando uma mão humana. No fim desse ano, mais de mil trabalhos foram publicados sobre o tema" (OLIVEIRA ET AL., 2016, p. 228).*

O manual escolar finalizou a discussão dos Raios X com destaque ao prêmio Nobel recebido por Röntgen em 1901, relatando que:

*"Em 1901, Röntgen recebeu o primeiro Prêmio Nobel de Física. O impacto de seu trabalho foi tremendo na medicina, mas ele recusou todo e qualquer ganho financeiro por seu feito, declarando que as descobertas científicas deveriam ser distribuídas livremente para todos" (OLIVEIRA ET AL., 2016, p. 228).*

Assim como na CD 01, a CD 02 abordou o tema dos Raios X de maneira exclusivamente histórica. Consideramos que a descontextualização ocorrida na obra é minimizada, uma vez que optou por uma narrativa imersa nos acontecimentos da época, não sendo recontextualizada para a realidade atual. Por sua vez, o processo de despersonalização também não ocorreu de maneira completa, uma vez que apresentou as motivações e os pensamentos do físico responsável pela descoberta.

### **C. CD 03 – Piqueira et. al. (2016)**

Os Raios X, na CD 03, foram abordados nas discussões referentes às ondas eletromagnéticas. O manual recorreu, inicialmente, à uma abordagem histórica, citando Röntgen e seu aparato experimental, como explicitado no trecho reproduzido abaixo.

*"Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), usando um tubo com vácuo, um filamento incandescente e alta voltagem, acelerou elétrons emitidos pelo filamento. Nesse dispositivo, conhecido como tubo de raios catódicos, Röntgen utilizou um princípio bem semelhante ao dos tubos de televisão" (PIQUEIRA ET. AL., 2016, p. 175).*

Em seguida, o manual finalizou a discussão histórica citando o prêmio Nobel de 1901 e iniciou uma discussão frente às propriedades dos Raios X e das possibilidades de aplicações na medicina.

*"A descoberta de Röntgen, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1901 (primeiro Prêmio Nobel de Física), teve aplicação quase imediata na Medicina, nas radiografias" (PIQUEIRA ET. AL., 2016, p. 175).*

Nessa obra, observamos marcas do processo de descontextualização, evidenciadas pela contextualização histórica e recontextualização do assunto, abordando as formas como os Raios X são utilizados hoje em dia na medicina e suas implicações para a saúde humana. O processo de despersonalização fica claro, uma vez que a obra não apresenta contextos ligados às motivações do pesquisador.

### **D. CD 04 – Silva e Barreto (2016)**

O livro Física aula por aula, de Silva e Barreto, iniciou o tópico com a seguinte redação:

*"Foi o Físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) quem descobriu e batizou os raios X, em 1895. Isso ocorreu quando Röntgen estudava o fenômeno*

*da luminescência produzida por raios catódicos num tubo de Crookes” (SILVA E BARRETO, 2016, p. 192).*

Em seguida descreveu o experimento realizado e os desdobramentos durante a pesquisa, além de atribuir a realização da primeira radiografia da história à Röntgen.

*“Ele foi responsável por conseguir a primeira radiografia, quando sua esposa colocou a mão entre o dispositivo e o papel fotográfico. O resultado revelou a estrutura óssea interna da mão humana, com todas as suas formações ósseas” (SILVA E BARRETO, 2016, p. 192).*

Ao final, o manual destacou o prêmio Nobel de 1901, endereçado a Röntgen por suas descobertas, e enfatizou os impactos que o estudo do cientista proporcionou à sociedade do século XX.

A transposição ocorrida na CD 04 apresentou a despersonalização de forma parcial, uma vez que o desenvolvimento da pesquisa se encontra atrelada ao pesquisador que lhe deu origem. A obra apresenta também vestígios da recontextualização do saber, pois apresenta as aplicações médicas nos dias atuais, além da capacidade dos Raios X de causar danos à saúde humana, conhecimento inexistente durante as descobertas. Com isso ocorre o processo de descontextualização.

#### **E. CD 05 – Máximo e Alvarenga (2016)**

A CD 05 apresenta o conteúdo em um capítulo intitulado “O espectro eletromagnético”. Inicialmente, é apresentada a natureza dos raios e o responsável pela descoberta deles em 1895. Na sequência, é apresentada conceitualmente a maneira pela qual os raios são produzidos nos dias atuais.

A seguir, a coleção explica algumas propriedades dos Raios X, como a capacidade de impressionar uma chapa fotográfica e penetrar certos materiais. Nesse momento, a obra insere informações históricas com referência aos trabalhos de Röntgen.

É observado que a descontextualização ocorre de maneira parcial, uma vez que são apresentadas informações do contexto de origem, porém não em sua totalidade, ignorando aspectos como o procedimento utilizado pelo pesquisador ou o impacto de sua descoberta. Quanto à despersonalização, ela ocorre de maneira parcial, uma vez que a obra analisada apresenta uma pequena biografia de Röntgen (em um box destacado com sua fotografia, cujo texto é reproduzido abaixo), sem mencionar os demais pesquisadores que colaboraram com a construção do saber sábio.

*“Físico alemão, descobriu os raios X, que também costumam ser chamados de raios Röntgen. Em 1895, lecionando na Universidade de Wurzburg, na Alemanha, ao realizar experiências com tubos de raios catódicos, percebeu a existência das radiações de natureza desconhecida que denominou raios X. Essa*

*descoberta lhe valeu o Prêmio Nobel de Física em 1901.” (LUZ, ALVARES E GUIMARÃES, 2016, p. 219).*

#### **F. CD 06 – Bonjorno et al. (2016)**

A CD 06 apresentou o conceito de Raios X em meio ao tópico das ondas eletromagnéticas, informando como são produzidos, suas propriedades e a capacidade de interagirem com a matéria.

*“Os raios X são ondas eletromagnéticas de frequências entre  $10^{17}$  e  $10^{19}$  Hz, aproximadamente. São produzidos em tubos de vácuo, em que elétrons submetidos a uma alta-tensão são desacelerados ao atingir um alvo metálico” (BONJORNO ET AL., 2016, p. 195).*

A seguir apresentou as aplicações práticas referentes ao fenômeno nos dias de hoje, com foco na medicina.

*“Na medicina, além de serem usados em diagnósticos, os raios X são empregados no tratamento do câncer, uma vez que as células afetadas parecem ser mais sensíveis à radiação do que as células normais. Na indústria, são utilizados para detectar pequenos defeitos em corpos metálicos” (BONJORNO ET AL., 2016, p. 195).*

O livro cita Wilhelm Conrad Röntgen somente dois capítulos à frente, no qual apresenta a história de algumas descobertas relacionadas à física das radiações ionizantes em um pequeno trecho, reproduzido a seguir.

*“Becquerel verificou que essas radiações eram distintas do raio X, recém-descoberto por Wilhelm Röntgen, em 1885. Röntgen nomeou esse tipo de radiação de raio X, porque não havia uma causa aparente de emissão” (BONJORNO ET AL., 2016, p.).*

Nota-se que a transposição ocorrida na obra retira completamente, em um primeiro momento, os conceitos do tópico analisado das implicações que lhe deram origem, desvinculando o saber e recontextualizando para a realidade dos dias atuais, ficando evidente o processo de descontextualização do saber.

A despersonalização ocorre no momento em que o autor escolhe por não atrelar os desenvolvimentos da pesquisa ao pesquisador, deixando de abranger as motivações do cientista. Cita Röntgen apenas alguns tópicos à frente, onde contextualiza a história da física das radiações.

#### **G. CD 07 Filho e Toscano (2016)**

A CD 07 apresentou brevemente a discussão dos Raios X em um quadro denominado “Texto e Interpretação”, no qual aborda o espectro de ondas eletromagnéticas. No texto é

feita uma breve menção aos raios e a Röntgen, como pode ser observado na reprodução abaixo.

*"Além disso, esse físico verificou o mesmo comportamento para os chamados raios X, então descobertos pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)" (FILHO E TOSCANO, 2016, p. 176).*

Fica claro que a transposição ocorrida na obra assume caráter reducionista, uma vez que não discute o experimento realizado, as aplicações médicas ou o impacto da descoberta. Talvez para a coleção não seja necessária uma abordagem mais ampla do tópico para aquisição dos saberes.

## **H. CD 10 – Fukui et al. (2016)**

A CD 10 apresenta a discussão dos Raios X de maneira mais ampla se comparado com os demais manuais. O conteúdo é apresentado em conjunto com o tópico de "Ondas Eletromagnéticas". Discutiu, em um primeiro momento, as características e as formas de produção, relacionando o físico Röntgen ao tema.

*"Os raios X foram descobertos no final do século XIX por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923). Ao realizar algumas experiências, Röntgen percebeu que, mesmo quando o tubo de vácuo era coberto por um objeto opaco, os raios X podiam ser detectados. Esse fato permitiu concluir que esses raios poderiam atravessar certos materiais que a luz visível não atravessa. Além disso, quanto menor o comprimento de onda do feixe de raios X, maior é sua capacidade de atravessar a matéria. Röntgen constatou ainda que essa radiação é capaz de sensibilizar filmes fotográficos" (FUKUI ET AL., 2016, p. 162).*

Em seguida o tópico foi finalizado com a exposição das aplicações dos Raios X na medicina e o processo das radiografias. O manual voltou a abordar o tema em um capítulo posterior, no qual retoma os conhecimentos para introduzir os conceitos de radiatividade, como mostra o trecho abaixo reproduzido.

*"Como já vimos no capítulo 7, Wilhelm Röntgen descobriu os raios X em 1896, por meio de experimentos. Para testar esses raios, Röntgen pediu à esposa que deixasse a mão, por um período de 15 minutos, sob a incidência desses raios. A imagem que se formou, em um filme fotográfico sensibilizado pela radiação, é considerada a primeira radiografia da história" (FUKUI ET AL., 2016, p. 228).*

A transposição didática ocorrida na CD 10 recontextualiza o saber a partir das propriedades e aplicações dos Raios X. A obra discutiu sobre implicações históricas que contribuíram na construção do saber sábio, assim como a figura de Röntgen como responsável por toda a teoria dos raios.

Desta maneira, podemos afirmar que os processos da transposição didática, tanto a despersonalização quanto a descontextualização, ocorreram parcialmente na obra, pois embora o saber tenha sido desvinculado de seu contexto original, ainda é forte o contexto das descobertas dos Raios X e a ausência de demais pesquisadores.

### **I. CD 11 – Sant’anna et al. (2016).**

O livro apresentou três parágrafos destinados à física dos Raios X na seção das ondas eletromagnéticas. O primeiro parágrafo foi destinado à descoberta, como apresentado abaixo.

*"Esse tipo de radiação, descoberto em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), recebeu a denominação raios "X" porque sua natureza era desconhecida" (SANT'ANNA ET AL. 2016, p.216).*

O segundo e terceiro parágrafo destinam-se à produção dos raios.

*"Ainda na medicina, os raios X são utilizados no tratamento complementar de alguns tipos de câncer. Mas a indústria também os emprega, principalmente, na análise de estruturas de corpos sólidos. São amplamente usados pela indústria aeronáutica, por exemplo, para verificar a presença de trincas e fadigas em estruturas das asas das aeronaves, prevenindo possíveis acidentes" (SANT'ANNA ET AL. 2016, p. 217).*

A transposição ocorrida no manual deslocou a discussão dos raios para os tempos atuais, uma vez que trouxe aplicações que foram encontradas ao longo dos anos, dessa forma, é notado vestígios do processo de descontextualização na obra.

Quanto à despersonalização, a obra não apresentou as contribuições de outros pesquisadores, como aqueles apontados no quadro 1, fazendo-se central a figura de Röntgen, o que se caracteriza como caráter reducionista do saber.

### **J. CD 12 – Torres et al. (2016)**

Esse manual tratou dos Raios X na seção referente às ondas eletromagnéticas. Abordou as propriedades dos raios e a faixa em que se situam no espectro eletromagnético. Apresentou o modelo de produção e, em seguida, a maneira pela qual foram descobertos.

*"Röntgen fazia estudos sobre o comportamento do ar e de outras misturas gasosas, encerradas em ampolas de vidro, quando atravessadas por correntes elétricas. O tubo de raios catódicos, como é conhecido esse equipamento, tinha sido inventado alguns anos antes pelo físico William Crookes (1832-1919). (Torres et al., 2016, p. 134).*

Detalha o aparato experimental utilizado pelo físico e o caminho percorrido para a descoberta, apresentando a execução de radiografias.

*"No dia 22 de dezembro de 1895, ele fez a radiação atravessar, durante 15 minutos, a mão de sua mulher, Bertha, atingindo do outro lado uma chapa fotográfica. Revelada a chapa, a primeira radiografia da história, podia-se ver claramente a sombra dos ossos da mão de Bertha e do anel, que ela havia esquecido de tirar" (TORRES ET AL., 2016, p. 134).*

Por fim, o livro apresentou as aplicações das radiografias e os aparelhos mais modernos. No que diz respeito à transposição didática ocorrida na CD 12, o saber passou por um processo mínimo de despersonalização, uma vez que foi tratado os estudos que estavam sendo realizados pelos pesquisadores e o desenvolvimento da pesquisa realizada por Röntgen.

Quanto à descontextualização, podemos dizer que ela ocorreu de maneira parcial, uma vez que após comentários referentes ao contexto da época (final do século XIX), o tópico foi recontextualizado, ou seja, foram inseridas informações que contextualizam o conhecimento produzido com exemplos atuais de equipamentos médicos e a maneira pela qual são utilizados.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em um total de 12 coleções didáticas, o conteúdo referente à física dos Raios X foi encontrado em 10 delas, das quais apenas uma menciona o tema sem abordagens conceituais ou históricas.

No que diz respeito aos processos da transposição didática, tanto a descontextualização quanto a despersonalização se fazem presentes nas coleções. É observável que as mudanças necessárias para que o saber sábio se torne ensinável, foram realizadas na transposição do conteúdo.

Nas obras, encontramos discussões referentes apenas às pesquisas de Wilhelm Conrad Röntgen, fazendo-se ausente os demais pesquisadores que constam no quadro 1, assim como suas contribuições.

As pesquisas posteriores à descoberta, que visavam investigar a natureza dos Raios X, foram ignoradas nos manuais, nomes como Jean Perrin, J. J. Thomson, Charles Henry, Niewenglowski e demais físicos pertencentes à comunidade científica da época não foram vinculados ao conteúdo.

A referência exclusiva ao trabalho de Röntgen é reveladora de uma atenuação da despersonalização. Por outro lado, ela pode ser vista como algo que deixava de fora as vozes dos outros pesquisadores, acentuando a despersonalização.

A simplificação demasiada dos tópicos se configura como um processo reducionista nas obras, além de maximizar o impacto do processo de despersonalização, esta redução de conceitos sobre o desenvolvimento histórico gera uma noção errônea sobre a construção da ciência, acarretando uma ideia de desenvolvimento individual do saber, o que julgamos

desvalorizar o desdobramento coletivo do conhecimento. Com isso, podemos inferir que, os resultados obtidos em nosso estudo se assemelham em grande parte aos resultados obtidos em outras investigações, em especial aquelas realizadas por Cordeiro e Peduzzi (2013), Souza et al. (2012), Errobidart E Gobara (2011) e Melo e Souza Cruz (2009), uma vez que também comprovamos a despersonalização e a descontextualização.

Todas as obras abordam a questão da tecnologia e de suas aplicações. As radiografias são, em especial, o foco dos manuais. Dessa maneira, o produto do desenvolvimento científico se apresenta como consequência de grandes descobertas do passado. Destaca-se que apenas duas das oito obras que apresentam o tema não fazem uso da imagem da radiografia feita por Röntgen em 1895. Portanto, fica claro as aplicações como estrutura base para os conceitos que foram tratados.

Além disso, é observável que não há formulação matemática que contribua para o desenvolvimento do saber a ensinar, constituindo-se os Raios X de maneira integralmente qualitativa.

Para finalizar, consideramos que a discussão, acerca das formas como os conteúdos conceituais de física são abordados em coleções didáticas, é relevante para a área de Educação em Ciências/Ensino de Física, já que esses materiais se constituem como referência para os professores na preparação de suas aulas e para os seus estudos.

Perante isso, consideramos que cumprimos nosso objetivo de fornecer contribuições para os professores, ao menos no que tange ao ensino dos Raios X, uma vez que aspectos relacionados aos contextos de produção de conteúdos para materiais didáticos são de importância para o desenvolvimento do trabalho de professores, pois podem revelar aspectos que permitem aos professores adequarem o uso desses materiais às suas escolhas e concepções acerca da formação e do ensino, bem como aos currículos e contextos locais.

## Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Proc. nº 2018/21823-9) pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor e aos avaliadores do artigo pelas contribuições e sugestões propostas.

## Referências

- BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. **Física aula por aula**. São Paulo: FTD. 2016. v.1,2 e 3.
- BONJORNO, J, R. ET AL. **Física**. São Paulo: FTD. 2016. v. 1, 2, 3.
- CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique: Du Savoir Savant au Savoir Enseigné**. Paris: La pensée Sauvage. 1991.
- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 35, n. 3, p.1-11, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172013000300027>.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Física**. São Paulo: Saraiva. 2016. v. 1, 2 e 3.

ERROBIDART, N, C, G; GOBARA, S, T. **Aspectos da Transposição Didática de Ondas Sonoras em Livros Didáticos de Física (PNLEM)**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8. 2011, p. 1-2.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; VÊNE. **Ser Protagonista: Física**. São Paulo: Edições SM. 2016. v. 1, 2 e 3.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. São Paulo: Ática. 2016. v. 1,2 e 3.

GOMBRADÉ, R. **A Transposição Didática Da Física De Partículas Elementares Em Manuais Escolares**. 2016. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Jose do Rio Preto, 2016.

GONÇALVES FILHO, A; TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. São Paulo: Scipione. 2016. v. 1, 2 e 3.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física**. São Paulo: Ática. 2016. v. 1, 2 e 3.

MARTINI, G. ET AL. **Conexões com a Física**. São Paulo: Moderna. 2016. v.1, 2 e 3.

MARTINS, R. A. **Becquerel e a descoberta da radioatividade: uma análise crítica**. Campina Grande: EDUEPB/Livraria da Física. 2012.

MELO, A. C. S; SOUZA CRUZ, F. F. **Transposição Didática do Modelo de Huygens: reconstruções das ideias originalmente propostas no 'Tratado da Luz'**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7. 2009, p. 1-13.

PIETROCOLA, M. EL AL. **Física em contextos**. São Paulo: Editora do Brasil. 2016. v. 1, 2 e 3.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. **A transposição didática aplicada a teoria contemporânea: a física de partículas elementares no Ensino Médio**. In: Encontro de Pesquisa em Ensino De Física, 10. Londrina. 2006, p. 4.

SOUZA, W. B., RICARDO, E. C., PAIVA, J. R., NETO, P. A.; CORRÊA, R. W. **A vigilância epistemológica de Chevallard aplicada ao espalhamento das partículas alfa**. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 14. Maresias. 2012, p. 4.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C. M. **Física: ciência e tecnologia**. São Paulo: Moderna. 2016. v. 1, 2 e 3.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1, 2 e 3.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. C. **Física: Contexto e aplicações**. São Paulo: Scipione. 2016. v. 1, 2 e 3.

## Sobre os autores

### Alvaro Cesar da Silva Junior

Acadêmico do Curso de Física Licenciatura do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), da UNESP, Bolsista de IC pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Integrante da Equipe de Educação em Física “Susana Lehrer de Souza Barros”, registrada no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/6653313052377548>).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4025-3999>

E-mail: [alvaro2rp@gmail.com](mailto:alvaro2rp@gmail.com)

### Leandro Londero

Graduado em Física. Doutor em Educação pela UNICAMP/SP. Prof. Assistente Doutor do Departamento de Educação, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, da UNESP. Líder da Equipe de Educação em Física “Susana Lehrer de Souza Barros” (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/6653313052377548>). Orientador de Mestrado e Doutorado no PPG em Educação para a Ciência da UNESP/Bauru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2400-1847>

E-mail: [leandro.londero@unesp.br](mailto:leandro.londero@unesp.br)

## TEACHING TRANSPOSITION APPLIED TO X-RAYS IN PNLD PHYSICS TEACHING COLLECTIONS (2018-2020)

### Abstract

The Didactic Transposition Theory is configured as a way to carry out epistemological surveillance regarding the contents to be taught in schools. Considering this, we aimed to apply this concept to X-ray physics present in the PNLD physics didactic collections PNLD (2018-2020). The starting point was the epistemological character of the Didactic Transposition Theory, trying to find traces of decontextualization and depersonalization. Discussions about X-rays were identified through the texts' full reading. Then we compared the textual material identified in the collections with the knowledge adopted. Regarding the 12 analyzed collections, 10 of them covered the X-ray concepts. The analysis showed that the books used just a qualitative approach, referencing the figure of a single researcher, ignoring science collective formation. It was concluded that the transposition occurred in a reductionist form of knowledge, implying in the depreciation of the scientists' figure.

**Keywords:** Didactic Transposition, X-rays, Didactic collections, Epistemological Surveillance, PNLD 2018.

## LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA APLICADA A LOS RAYOS X EN LAS COLECCIONES DIDÁCTICAS DE FÍSICA DEL PNLD (2018-2020)

### Resumen

La teoría de la Transposición didáctica consiste en una manera de realizar la vigilancia epistemológica frente a los contenidos que son objeto de enseñanza en las escuelas. Delante de eso, objetivamos aplicar ese concepto a la física de los Rayos X presente en las colecciones didácticas de física integrantes del PNLD (2018-2020). Partimos del carácter epistemológico de la teoría de la Transposición Didáctica y buscamos encontrar vestigios de la descontextualización y la despersonalización. Discusiones acerca de los Rayos X fueron identificadas por medio de la lectura integral de los textos que componen los volúmenes de las colecciones analizadas. Enseguida, comparamos el material textual identificado en las colecciones con el saber sabio adoptado. De las 12 colecciones analizadas, 10 contemplaban conceptos acerca de los Rayos X. El análisis mostró que los libros utilizaron abordajes de carácter únicamente cualitativo, además de haber hecho referencia a la figura de un único investigador, ignorando la formación colectiva de la ciencia. Concluimos que la transposición ocurrida se configura de forma reduccionista del saber sabio, implicando en la desvalorización de la figura de los científicos.

**Palabras clave:** Transposición didáctica, Rayos X, Colecciones Didácticas, Vigilancia Epistemológica, PNLD (2018-2020)