

A Natureza da Luz no Contexto Clássico e Moderno: Uma análise de enunciados de um Livro de Física aprovado no PNLDEM 2018 a partir dos Estudos da Ciência de Bruno Latour

**The Nature of the Light in the Classical and Modern
Context: An analysis of statements of a Physics Book
approved in the PNLDEM 2018 from the studies of the
Science of Bruno Latour**

Pedro Antônio Viana Vazata
UFRGS
profpedrovazata@gmail.com

Nathan Willig Lima
UFRGS
lima.nathan@gmail.com

Fernanda Ostermann
UFRGS
fernanda.ostermann@ufrgs.br

Cláudio Cavalcanti
UFRGS
claudio.calvalcanti@ufrgs.br

Resumo

Neste trabalho, fazemos uma análise de enunciados do livro de maior distribuição no PNLDEM, edição de 2015. Baseado nos estudos da ciência de Bruno Latour, caracterizamos quantitativa e qualitativamente frases deste livro didático, que versam sobre a natureza ontológica da radiação eletromagnética, tendo como referência os cinco tipos de enunciados identificados por Latour em sua obra *A vida de laboratório*. Mostramos que assim como em textos científicos, o livro didático também deixa rastros da estabilização ontológica dos actantes. Diferentemente do que previa Latour, os manuais possuem diversos tipos de enunciados. Concluimos que a natureza da luz passa por um processo de estabilização ontológica somente no contexto clássico (visão ondulatória); já no contexto moderno (visão corpuscular), esta não alcança a autonomização. Por fim, identificamos que esta abordagem discursiva gera implicações ontológica, metodológica e didática.

Palavras chave: livro didático, Latour, ontologia, CTS, tipos de enunciado.

Abstract

In this paper, we make an analysis of statements of the book of greater distribution in the PNLDEM, edition of 2015. Based on the Bruno Latour's science studies, we characterize quantitatively and qualitatively phrases of this didactic book, that talk about the ontological nature of the electromagnetic radiation, having like reference the five types of statements identified by Latour in his work *Laboratory life*. We show that as in scientific texts, the didactic book also leaves traces of the ontological stabilization of the actants. Unlike previous Latour, manuals have several types of statements. We conclude that the nature of light undergoes a process of ontological stabilization only in the classical context (wave vision); already in the modern context (corpuscular view), this does not reach the autonomization. Finally, we identify that this discursive approach generates ontological, methodological and didactic implications.

Key words: textbook, Latour, ontology, STS, types of statement.

Introdução

A pesquisa sobre livros didáticos tem sido tema central na área de educação em ciências. Cardoso, Freire e Filho (2006) destacam, por exemplo, a importância da produção da área como forma de promover melhorias nos materiais didáticos de ensino de ciências direcionados à educação básica da rede pública do Brasil. Os temas abordados nas pesquisas são diversos, podendo ter maior enfoque em problemas conceituais (LANGHI; NARDI, 2007), ou na forma como se dá a construção do discurso em tais enunciados (CASSAB; MARTINS, 2008; MOREIRA; MARTINS, 2015; MARTINS, 2006; MOREIRA; PEREIRA; MARTINS, 2017), dentre outras propostas.

No presente trabalho, partimos de uma construção teórico-metodológica inspirada nas descrições sobre a relação entre discurso e prática científica de Bruno Latour (LATOUR, 1999; LATOUR; WOOLGAR, 1986), para analisar a forma com que cientistas e seus trabalhos originais são citados em textos sobre a natureza da luz, no contexto da Física Clássica e Moderna, em um livro de Física aprovado no PNLDEM 2018 (BONJORNIO et al., 2016), interpretando implicações ontológicas, epistemológicas e didáticas de correntes de tal estilo de enunciação.

Quadro Teórico

Para Latour, a natureza não é algo dado, cuja essência é preexistente e pronta, à espera da descoberta pelos humanos (LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2018). Em sua visão, a realidade da natureza e da sociedade é mutável, de forma que humanos e não-humanos formam uma rede de actantes, responsáveis por alterar o grau de realidade dos membros desta mesma rede (LATOUR, 1999). Quanto maior for a extensão da rede, maior será o número de articulações entre os actantes e conseqüentemente maior será o seu nível de realidade. Assim, para existir, todo actante passa por um processo de autonomização ontológica, em que as articulações da rede são estabelecidas (LATOUR, 1999, 2013; LIMA, 2018; LIMA et al., 2018) e cujo grau de realidade não é permanente, sendo somente válido para um determinado ponto no tempo e no espaço (HARMAN, 2009; LATOUR, 2013). Um aspecto extremamente importante, ademais, é que o processo de autonomização ontológica de um actante articulado pela prática científica é refletida no discurso (LATOUR; WOOLGAR, 1986; VAZATA et al., 2018).

Mais especificamente, um actante não é tido como autônomo (ou como fato científico) enquanto os rastros da rede que o articulou ainda aparecem explícitos no discurso (LATOUR,

1999). De uma forma geral, pode-se pensar que de sua articulação inicial até sua total autonomização, um actante é citado em um discurso passando, progressivamente, por cinco tipos de enunciados. Segundo Latour, a atividade dos cientistas é transformar enunciados do tipo 1 em enunciados do tipo 5. Na tabela abaixo estão exemplificados os tipos de enunciados propostos por Latour, retirados do próprio livro em análise.

Tais tipos de enunciados não acontecem apenas nos artigos científicos e nos laboratórios, sendo expressos em manuais, livros didáticos, enciclopédias, textos de divulgação, reportagens, entre outros (LATOURE, 1999). A propósito, Latour comenta que os enunciados tipo 4 são os enunciados típicos do contexto didático (LATOURE; WOOLGAR, 1986). Assim, podemos investigar como que os enunciados sobre determinado actante evoluem não somente nos textos produzidos pelos cientistas, mas nos textos que circulam pelas diferentes esferas da sociedade, retomando a noção de que ciência não é algo que ocorre somente dentro dos laboratórios, mas é constituída por um sistema circulatório mobilizado por diferentes atores (LATOURE, 1999).

Tipos de Enunciados		Exemplos
Tipo 1	Conjecturas	Vamos supor que a radiação seja composta por um conjunto de elementos discretos. ¹
Tipo 2	Modalidades que insistem na generalidade dos dados	Compton compreendeu que ambos apresentam comportamento semelhante ao que acontece quando ocorre a colisão de bolas de bilhar. Isso pode ser interpretado como uma indicação da natureza corpuscular do raio X.
Tipo 3	Modalidades: Enunciados sobre Enunciados	Einstein justifica então a dependência da frequência. A energia transportada pelo fóton é diretamente proporcional à sua frequência.
Tipo 4	Saber Aceito	Assim, podemos afirmar que as radiações eletromagnéticas consistem num conjunto discreto de pacotes de energia - corpúsculos ou fótons.
Tipo 5	Fato tido como adquirido (não precisam ser expressos, raramente aparecem)	O radar emite pulsos de micro-ondas que refletem no objeto que se quer localizar e retornam, a seguir, para ele.

Tabela 1: tipos de enunciados caracterizados por Latour e seus respectivos exemplos.

Metodologia

Neste trabalho, analisamos os textos sobre a natureza da luz presentes no volume 3 do livro didático de Física do ensino médio de Bonjorno et al. (2016), utilizado em escolas da rede pública de ensino do Brasil, pois esse foi o livro mais distribuído na versão de 2015 (FNDE, 2017) (os dados estatísticos do PNLDEM 2018 ainda não foram divulgados).

Primeiramente, identificamos todos os enunciados que, de alguma forma, remetiam à natureza da luz. Para tanto, selecionamos todas as frases que continham os seguintes termos: onda, ondulatória, corpúsculo, corpuscular, partícula, quanta, quantum, “pacote de energia” e fóton. Ao fazer isso, identificamos que a natureza da luz é expressa em enunciados no contexto

¹Este exemplo não foi retirado do livro pois não identificamos nenhum enunciado deste tipo no contexto de radiação eletromagnética.

clássico (eletromagnetismo) e moderno (Física Quântica)². Uma vez realizada tal seleção, classificamos os enunciados segundo a tipologia descrita na seção anterior. Os resultados obtidos foram então quantificados e interpretados à luz do referencial teórico apresentado.

Resultados

Pode-se entender, de uma forma geral, que, no contexto da Física Clássica, a Teoria Eletromagnética prevê a existência de ondas eletromagnéticas que se propagam no espaço com velocidade igual à da luz. Tal resultado teórico, juntamente com os resultados de experimentos de interferometria conduziram ao reconhecimento da luz como onda (MARTINS; ROSA, 2014). No contexto moderno, por outro lado, a proposta de Einstein de uma radiação eletromagnética discreta conduziu ao desenvolvimento da Física Quântica, que, embora reconheça a existência de fótons, não apresenta um consenso sobre sua natureza (LIMA et al., 2017). Interpretações possíveis atribuem ao fóton uma ontologia ondulatória, corpuscular, uma associação material de ambas, ou uma ontologia dual dependente do arranjo experimental (PESSOA JR., 2003). Os livros didáticos, entretanto, ao apresentar essas interpretações, tendem a hibridizar essas visões, criando visões próprias, muitas vezes inconsistentes e, principalmente, associadas à visão de fóton e quantum como partícula (LIMA et al., 2018; LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2017).

No livro analisado, o mesmo padrão histórico é reproduzido. No contexto clássico, a radiação eletromagnética é tratada como onda, enquanto no contexto moderno aparecem menções tanto a uma natureza ondulatória quanto corpuscular. A forma como tais menções são feitas, entretanto, variam ao longo do livro, conforme apresentamos nas figuras 1 e 2, as quais apresentam a evolução tipográfica do conceito de onda e partícula na ordem em que aparecem no livro.

Podemos ver, pelo primeiro gráfico, que no início da discussão sobre a luz como onda no contexto clássico, os enunciados informam os rastros da produção do fato, aparecendo enunciados do tipo 3. Isso acontece, pois, o livro inicia sua seção apresentando quem propôs o conceito de onda – remetendo à historicidade do conceito. Porém, conforme a discussão avança no texto, os enunciados tipo 3 são substituídos por enunciados tipo 4 e 5. Isto é, o livro traduz em alguns parágrafos o processo de autonomização do fato, comprimindo um conjunto amplo de dados sobre o processo – o que Latour denomina de *blacboxing* (LATOURE, 1988). Tal “desistorização” do conceito ao longo do texto, de certa forma, expressa a ideologia instrumentalista presente nos livros didáticos (LIMA et al., 2018; LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2017), isto é, o livro privilegia o uso e aplicação do conceito e não o seu desenvolvimento. Dessa forma, após uma breve “contextualização”, o conceito para de ser algo histórico para ser algo objetivo, um elemento da natureza. No contexto moderno, em um novo capítulo, as questões históricas são retomadas e os enunciados 3 voltam a aparecer. Poderia se pensar, a partir disso, que esse seria um “perfil ontológico” comum a todos os actantes no livro didático.

²Analizamos a unidade 3, mais especificamente o capítulo 10, da página 184 até 195 e a unidade 4, em que retiramos frases do capítulo 12 da página 225 até 237.

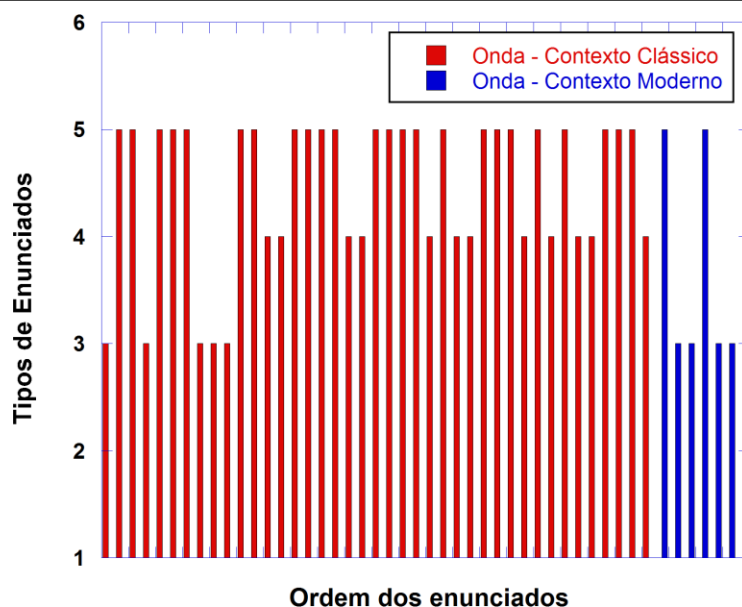


Figura 1: Gráfico de barras para os enunciados sobre ondas no contexto clássico e moderno. Os enunciados são apresentados no gráfico conforme o ordenamento que aparecem no livro (eixo x). Cada enunciado é classificado pela tipologia oferecida por Latour (eixo y). Para elaboração do gráfico, foram pesquisadas as palavras onda, ondulatório e ondulatória.

A figura 2, entretanto, mostra um perfil ontológico diferente para o quantum. A presença de enunciados tipo 5 logo nas primeiras menções ao caráter corpuscular da luz diz respeito à presença de uma breve discussão sobre lasers. A primeira menção à palavra fóton presente no livro se dá na seguinte frase “*Em seguida, o elétron emite um fóton e volta para um nível de energia mais baixo (isso será estudado com mais detalhe na unidade 4).*” (BONJORNO et al., 2016, pág. 193). Ou seja, não se coloca a existência de fótons sob suspeição – ela é tida como fato aceito.

O termo fóton e os demais termos utilizados para descrever a natureza corpuscular voltam a aparecer no texto, já na unidade de Física Moderna propriamente. Diferentemente do que foi apresentado pelos autores no caso do laser, os enunciados já não indicam a natureza corpuscular da luz como um fato dito como adquirido. No contexto moderno, há uma supremacia de enunciados tipo 3, em que os rastros dos fatos científicos estão presentes. Aparece, também, um enunciado tipo 2, o que não havia acontecido no caso ondulatório. E, por fim, diferentemente do caso da onda em que há uma evolução ontológica (de enunciados tipo 3 para enunciados tipo 4 e 5), no caso do fóton, a estabilidade de enunciados tipo 4 e 5 não é alcançada.

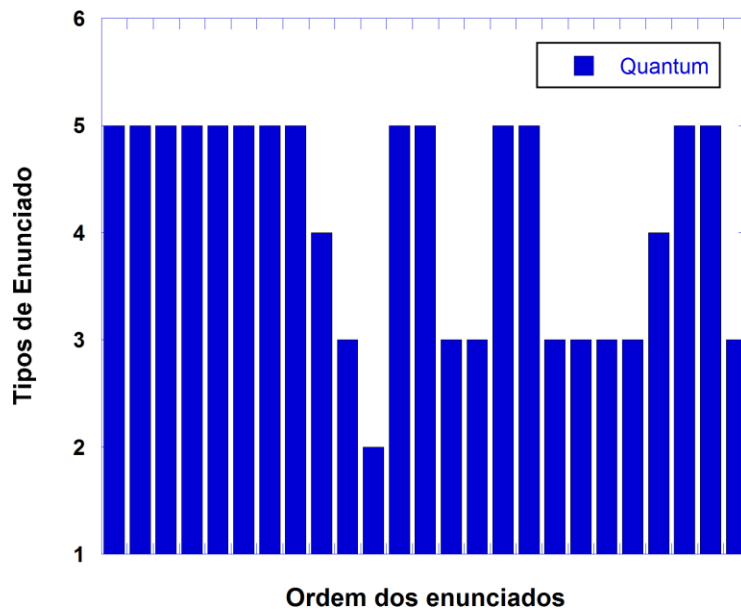


Figura 2: Gráfico de barras para os enunciados sobre quantum no contexto clássico e moderno. Os enunciados são apresentados no gráfico conforme o ordenamento que aparecem no livro (eixo x). Cada enunciado é classificado pela tipologia oferecida por Latour (eixo y). Para elaboração do gráfico, foram pesquisadas as palavras quantum, quanta, corpúsculo, pacote de energia e fóton.

Dada esta análise dos gráficos, indicamos três implicações: uma ontológica, uma metodológica e uma didática.

- 1) Ontológica: em diferentes trechos do livro são apresentadas naturezas ontológicas diferentes para a radiação eletromagnética: natureza ondulatória, corpuscular e o problema da dualidade onda-partícula. Em todas elas aparecem enunciados do tipo 5, que indicam um fato tido como adquirido. Ou seja, pela leitura do mesmo livro, o aluno é levado a aceitar dois fatos antagônicos.
- 2) Metodológica: o livro didático se configura como um texto de complexidade ontológica. Cada seção do livro apresenta actantes diferentes com diferentes graus de realidade. Dessa forma, entendemos que o livro didático não pode ser compreendido como um único elemento de análise, mas como um conjunto de unidades, acabados em si mesmas.
- 3) Didática: os autores privilegiam uma abordagem instrumentalista, enfatizando a aplicação do conceito de onda eletromagnética e fóton sem explicitar as incoerências e inconsistências que são inerentes a essa apresentação. Ou seja, escondem-se as contradições e dificuldades da ciência, apresentando-a como um empreendimento racional e linear. Ainda que essa seja uma possível abordagem, cabe o questionamento se esse é o tipo de ensino de ciências que se deseja na Educação Básica.

Por fim, destacamos que, diferentemente do que pensa Latour e Woolgar (1986), os livros didáticos são muito mais complexos do que uma coletânea de enunciados tipo 4 e apresentam perfis ontológicos distintos para diferentes actantes.

Conclusões

O presente trabalho teve o objetivo de analisar textos sobre a natureza da luz no contexto da Física Clássica e Moderna presente em um livro didático aprovado no PNLDEM 2018 (BONJORNO et al., 2016). Foi analisada a estabilidade ontológica do caráter ondulatório e corpuscular atribuído à luz, valendo-se da tipologia de enunciados proposta por Bruno Latour. O filósofo francês supunha que textos didáticos possuíam majoritariamente enunciados do tipo 4 (saber aceito), porém identificamos que tais textos possuem todos os tipos de enunciados, assim como os artigos científicos.

Assim como o cientista em seu laboratório, os autores desta obra também fomentaram a estabilização ontológica da radiação eletromagnética, principalmente no contexto clássico (luz vista como onda). No contexto moderno (luz vista como partícula ou dualidade onda-partícula), a radiação não foi autonomizada, isto é, não foi estabilizada como saber aceito.

Identificamos que esta abordagem discursiva gera implicações: uma ontológica (dois actantes incompatíveis são definidos como saber aceito em diferentes momentos do livro), uma metodológica (cada seção do livro parece ser autônoma em relação às demais e, portanto, deve ser considerada como uma unidade de análise); e, por fim, uma didática (o livro perpetua a ideia de uma ciência racional e linear).

Por fim, destacamos que daremos prosseguimento a tal trabalho expandindo a análise para outros livros aprovados no PNLD e aprofundando a análise qualitativa.

Referências

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

BRASIL. **Dados Estatísticos PNLD**. Disponível em <https://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/dados-estatisticos>. Acesso em: 09 de outubro, 2018.

CARDOSO, H. B.; FREIRE, P. de T. C.; FILHO, J. M. Arquimedes e a lei da alavanca: erros conceituais em livros didáticos. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 23, p. 218–237, 2006.

CASSAB, M.; MARTINS, I. Significações de professores de ciências a respeito do livro didático. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, p. 1–24, 2008.

FNDE, 2017. Portal do FNDE. Disponível em <https://www.fnde.gov.br/component/k2/item/514?Itemid=890>. Acesso em 12 de outubro, 2018.

HARMAN, G. **Prince of Networks: Bruno Latour and Metaphysics**. Melbourne: re.press, 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia : erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 24, p. 87–111, 2007.

LATOUR, B. **Science in Action: How to follow scientists and engineers through society**. Cambridge: Harvard University Press, 1988.

LATOUR, B. **Pandora's Hope: Essays on the reality of Science Studies**. Cambridge: Harvard University Press, 1999.

LATOUR, B. **Jamais Fomos Modernos**. São Paulo: Editora 34, 2013.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory Life: The construction of scientific facts**. Princeton: Princeton University Press, 1986.

LIMA, N. W. et al. História do fóton em livros de Física. In: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 2017, **Anais...**

LIMA, N. W. **O Lado Oculto do Fóton: A Estabilização de um actante mediada por diferentes gêneros do discurso**. 2018. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

LIMA, N. W. et al. Um Estudo Metalinguístico sobre as Interpretações do Fóton nos Livros Didáticos de Física Aprovados no PNLDEM 2015 : Elementos para uma Sociologia Simétrica da Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 1, p. 331–364, 2018.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 435–459, 2017.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. A não-modernidade de Bruno Latour e suas implicações para a Educação em Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2018.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso : compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pro-Posições**, v. 1, n. 49, p. 117–136, 2006.

MARTINS, R. de A.; ROSA, P. S. **História da teoria quântica - a dualidade onda-partícula, de Einstein a De Broglie**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

MOREIRA, M.C.A.; MARTINS, I. A recontextualização de discursos da pesquisa em educação em ciências em livros didáticos de ciências : um estudo de caso. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, p. 237–257, 2015.

MOREIRA, M. C. do A.; PEREIRA, M. V.; MARTINS, I. G. Mecânica e educação para o trânsito: análise de um texto didático de ciências para o ensino fundamental. **Revista Brasileira de ensino de Física**, v.39,n.4, p.4403/1- 4403/7, 2017.

PESSOA JR., O. **Conceitos de Física Quântica**. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

VAZATA, P. A. V. et al. Proposta de um dispositivo analítico para avaliação da estabilização ontológica de um actante em livros didáticos à luz dos estudos da ciência de Bruno Latour. In: SNEF XXIII 2019, **Anais...**