

UM ESTUDO DAS REPRESENTAÇÕES DO ELÉTRON EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO

*Ana Caroline da Silva
Larissa Moreira Ferreira*

Resumo

A compreensão das representações e fenômenos referentes aos elétrons fundamenta interpretações de variados conceitos químicos, físicos e biológicos. Tendo em vista sua relevância, este trabalho teve como objetivos investigar, nos Livros Didáticos de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, os tipos e quantidades de representações do elétron empregadas, identificar a quais conteúdos as representações estão conectadas e realizar considerações sobre a abordagem dessas representações no ensino de ciências à luz do referencial da Transposição Didática de Chevallard. A natureza desta pesquisa é quantitativa e a análise de dados foi fundamentada na metodologia de análise de conteúdo proposta por Bardin. Foram analisados 42 livros didáticos de 7 coleções diferentes. Os resultados mostram a existência de 18 tipos de representações de elétrons e falta de consenso entre os autores sobre o modo de representar os elétrons em determinados conteúdos. Observou-se predomínio da interpretação corpuscular e insuficiências no aspecto ondulatório. Constata-se a necessidade de que os professores observem atentamente as diferentes representações empregadas nos livros didáticos e que as elucidem aos estudantes a fim de evitar problemas de aprendizagem em química.

Palavras-chave: elétron; linguagem da química; níveis de representação; ensino de química; dualidade onda-partícula.

A STUDY OF REPRESENTATIONS OF THE ELECTRON IN HIGH SCHOOL TEXTBOOKS

Abstract

Understanding the representations and phenomena relating to electrons underpins interpretations of various chemical, physical and biological concepts. In view of its relevance, the objectives of this study were to investigate the types and quantities of representations of electrons used in the Textbooks of Natural Sciences and Their Technologies of the National Textbook Program (PNLD) 2021, to identify which contents the representations are connected to and to consider the use of these representations in science teaching in the light of Chevallard's Didactic Transposition framework. The nature of this research is quantitative and the data analysis was based on the content analysis methodology proposed by Bardin. Forty-two textbooks from seven different collections were analyzed. The results show the existence of 18 types of representation of the electron and a lack of consensus between the authors on how to represent the electron in certain contents. There was a predominance of the corpuscular interpretation and shortcomings in the wave aspect. There is a need for teachers to take a close look at the different representations used in textbooks and explain them to students to avoid learning problems in chemistry.

Keywords: electron; language of chemistry; levels of representation; chemistry teaching; wave-particle duality.

UN ESTUDIO DE LAS REPRESENTACIONES DEL ELECTRÓN EN LOS LIBROS DE TEXTO DE ESCUELA SECUNDARIA

Resumen

La comprensión de las representaciones y fenómenos relacionados con los electrones sustenta la interpretación de diversos conceptos químicos, físicos y biológicos. Dada su relevancia, los objetivos de este estudio fueron investigar los tipos y cantidades de representaciones de electrones utilizadas en los Libros de Texto de Ciencias Naturales y sus Tecnologías del Programa Nacional de Libros de Texto (PNLD) 2021, identificar a qué contenidos están conectadas las representaciones y considerar el uso de estas representaciones en la enseñanza de las ciencias a la luz del marco de Transposición Didáctica de Chevallard. La naturaleza de esta investigación es cuantitativa y el análisis de los datos se basó en la metodología de análisis de contenido propuesta por Bardin. Se analizaron 42 libros de texto de siete colecciones diferentes. Los resultados muestran la existencia de 18 tipos de representación del electrón y una falta de consenso entre los autores sobre cómo representar el electrón en determinados contenidos. Hubo un predominio de la interpretación corpuscular y deficiencias en el aspecto ondulatorio. Es necesario que los profesores examinen detenidamente las distintas representaciones utilizadas en los libros de texto y las expliquen a los alumnos para evitar problemas de aprendizaje en química.

Palabras clave: electrón; lenguaje de la química; niveles de representación; enseñanza de la química; dualidad onda-partícula.

INTRODUÇÃO

A abstração conceitual dos fenômenos naturais é parte fundamental do processo da epistemologia científica. No entanto, no processo de ensino-aprendizagem das ciências naturais, a abstração frequentemente se constitui como um impasse, já que são abordados fenômenos em nível submicroscópico, em que se opera com a imaginação, ideias e modelos explicativos (Santana, Sarmiento, Wartha, 2011). Pode-se argumentar que na química essa situação é bastante pronunciada, visto que sua estrutura conceitual e epistemológica depende da compreensão de múltiplos conceitos abstratos e um tanto distantes do cotidiano dos estudantes. De fato, como aponta Schnetzler (2010, p. 66):

O conhecimento químico é caracterizado em três níveis de conhecimento, a saber: o fenomenológico, que é caracterizado por observações, passível de descrições, quantificações e determinações; o representacional, que trata da linguagem da química, com seus símbolos, fórmulas e equações, e o teórico-conceitual com teorias e modelos que permitem interpretar e prever os fenômenos com os quais nos defrontamos ou dos quais dependemos.

É importante ressaltar que, tanto para a aprendizagem como para o ensino de química, os níveis de conhecimento não se dissociam e devem ser tratados de forma integrada. A despeito das diferentes abordagens que podem ser empregadas, pode-se afirmar que, para uma aprendizagem adequada em química, a assimilação do conceito ocorre concomitantemente às suas representações. Entretanto, para fins da presente pesquisa, será feito um recorte com enfoque no nível representacional da linguagem da química com o elétron como objeto de estudo.

Ao estudar química, não é possível deixar de perceber que o elétron possui centralidade nas explicações dos fenômenos dessa ciência. Por exemplo, ligações químicas e reações químicas podem ser explicadas como compartilhamento (ligação covalente) e troca de elétrons (reações eletroquímicas), respectivamente (Atkins, 2018). Logo, compreender o conceito de elétron mostra-se fundamental para a compreensão de demais conceitos estruturantes da ciência química.

O elétron – seu conceito e propriedades – costuma ser apresentado ao estudante de química em suas primeiras aulas, geralmente e durante a explicação da evolução dos modelos atômicos. Nessa ocasião, é comum que o elétron seja primeiramente conceituado como uma partícula de carga negativa na eletrosfera do átomo. Contudo, sabe-se que essa explicação é insuficiente, considerando que o elétron é compreendido pela ciência moderna como um objeto quântico com natureza dual, ou seja, comporta-se como onda e partícula simultaneamente. Ao mesmo tempo em que possui massa e, portanto, caráter corpuscular, também apresenta propriedades ondulatórias como a difração (Atkins, 2018).

A explicação dessas características altamente abstratas constitui um desafio de representação, exposição e assimilação nos processos de ensino e aprendizagem de química. De fato, conforme estudo realizado por Cunha (2022), as dificuldades da compreensão de aspectos mais modernos do átomo em relação à diferença entre conceitos quânticos e clássicos, bem como a própria dualidade onda-partícula, estão presentes até mesmo no ensino superior de química, o que certamente tem impactos na formação de professores e, conseqüentemente, no aprendizado dos estudantes da Educação Básica.

Os livros didáticos de química, historicamente, apresentam lacunas na explicação de conceitos e fenômenos quânticos que poderiam contribuir para a compreensão do elétron. No âmbito do ensino médio, Ramos, Silva e Silva (2015), em análise de livros didáticos do PNL D 2015, ressaltam que o ensino do modelo quântico é opcional, já que varia de acordo com a orientação pedagógica adotada. Os autores apontam ainda que:

[...] mesmo as obras que discutem o modelo atômico quântico, ainda não são suficientemente claras e precisas em relação aos conceitos de quantum de energia, dualidade onda-partícula e números quânticos. Boa parte do texto é informativa, apenas, sem argumentos bem elaborados que possibilitem aos estudantes compreenderem os conceitos (Ramos, Silva e Silva, 2015, p.7).

Soma-se a isso o fato de que, conforme aponta Ramos (2018), existe uma escassez no ensino e pesquisa sobre aspectos quânticos no ensino de química, o que revela que a preocupação com essa problemática ainda é incipiente nessa área.

Além das insuficiências nas abordagens dos fenômenos quânticos, há o fato de que os livros didáticos de química empregam diferentes representações para o elétron a depender do assunto tratado. Por exemplo, usa-se uma representação para o elétron em eletroquímica, usualmente a letra “e”, e outra para retratá-lo em modelos atômicos, geralmente a representação que, neste trabalho, será identificada como “ponto”. Dessa forma, além da compreensão conceitual, os estudantes devem ser capazes também de reconhecer diferentes representações que se referem ao mesmo ente – o elétron – a fim de assimilar o conteúdo em estudo.

Do ponto de vista de elaboração dos livros didáticos escolares, admite-se que as representações utilizadas são fruto de longos processos de adaptação, conforme propõe a “Teoria da Transposição Didática” (Chevallard, 1991). Segundo essa tese, o conhecimento acadêmico, denominado pelo autor como “saber sábio”, é transformado a fim de moldar-se ao que deve ser ensinado aos estudantes do ensino básico por ação de disputas e interesses de diversos setores da sociedade até serem constituídos como currículo. O saber efetivamente ensinado em sala de aula, conforme o autor, passa por mais uma transposição realizada pelo professor ao fazer os ajustes do currículo e dos manuais para adaptar-se às necessidades educativas de seu contexto específico. Em síntese, as ideias de Chevallard permitem compreender a adaptação do conhecimento científico com fins de ensino. Ainda, conforme afirmam Gomes e Pietrocola (2011, p. 1), “[...] os livros

didáticos são inegavelmente um dos principais recursos didáticos utilizados nas atividades de ensino-aprendizagem”.

Nesse contexto, foram feitas as seguintes questões de pesquisa: quais e quantas representações de elétrons existem nos livros didáticos do PNLD 2021? Em quais conteúdos as diferentes representações estão inseridas? A partir dos resultados, indagou-se ainda: quais as potenciais influências que essas representações podem ter no processo de ensino-aprendizagem de química? Desse modo, o presente trabalho tem como objetivos investigar, nos Livros Didáticos de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, os tipos e quantidades de representações do elétron empregadas, e também identificar a quais conteúdos as representações estão conectadas, além de realizar considerações sobre o emprego dessas representações no ensino de ciências à luz do referencial da Transposição Didática de Chevallard.

REPRESENTAÇÃO E ABSTRAÇÃO

De acordo com Pessoa Júnior (2007), as representações podem ser classificadas como linguísticas e pictóricas. As primeiras envolvem cadeias de unidades (letras, fonemas, notas musicais, símbolos lógicos ou matemáticos) ligadas segundo regras de formação. As representações pictóricas ou visuais, por sua vez, referem-se a corpos bi ou tridimensionais, parados ou em movimento. Para outros autores, representações podem ser explicadas por analogias que podem ser entendidas como “comparações entre dois domínios diferentes”. Em outras palavras, dizer que “A” é análogo a “B” implica que “A” é como se fosse “B”, ou que “A” e “B” compartilham algumas características” (Souza, Justi, Ferreira, 2006).

No que tange às representações em química, Johnstone (2000) argumenta que essa ciência tem três níveis de representação: o macroscópico, acessível pelos experimentos e experiências, o sub-microscópico, que diz respeito a moléculas, átomos e demais entidades invisíveis ao olho humano, e o simbólico, referente às fórmulas estruturais. Assim, esses níveis podem ser visualizados como vértices de um triângulo no qual o centro representa a integração entre os três níveis. Nessa perspectiva, fazer com que o estudante alcance o centro desse triângulo constitui, segundo o autor, o objetivo do ensino e aprendizagem de química. Esse processo, infelizmente, não ocorre sem dificuldades, dentre as quais se incluem as fragmentações do currículo e das diferentes abordagens metodológicas. Além disso, há que se reconhecer os limites das estratégias didáticas de integração de todas as dimensões de determinado conteúdo, considerando as pressões por avaliações e cumprimento de cronograma às quais estão submetidos os professores.

A despeito das limitações metodológicas de ensino, é fundamental que, no processo de ensino-aprendizagem, cada representação (letra, número, símbolo), ou palavra, seja elucidada (Chassot, 2003) já que é consenso que uma grande parte da dificuldade na compreensão dos conteúdos químicos por parte dos alunos, provém das insuficiências nos processos abstração, fragmentação e linguagem simbólica (Camargo, Asquel, Oliveira, 2018). Nesse contexto, com a finalidade de mitigar essa situação e tornar os conceitos mais facilmente assimiláveis, muitas propostas didáticas têm sido feitas. Em grande parte dos casos, opta-se por métodos de visualização que oportunizem chegar ao abstrato a partir do concreto (Lopes, 1997).

Considerando que essas representações compõem a linguagem da química e que são fundamentais para a compreensão dessa ciência (Rosa e Schnetzler, 1998), as políticas educacionais brasileiras têm reconhecido que “Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico necessário a todo

cidadão” por meio da a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018, p. 551). De acordo com o mesmo documento, a Ciência e a Tecnologia devem ser ferramentas capazes de solucionar problemas e gerar abertura para novas visões de mundo. Além disso, a BNCC também aponta que no ensino médio, espera-se uma diversificação de situações-problema, incluindo aquelas que permitam aos jovens a aplicação de modelos com maior nível de abstração. Portanto, a elucidação dessas representações constitui, também, um direito do estudante. Ainda de acordo com o texto da BNCC:

Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018, p. 548).

Ainda que existam diversas representações para descrever os fenômenos químicos, sua seleção, explicação e aplicação durante uma atividade pedagógica se constituem como desafios a serem enfrentados pelo professor. Nesse cenário, este trabalho tem como propósito examinar as representações do elétron no contexto de ensino-aprendizagem de ciências na forma que se configuram na atualidade e que foram transpostos para os livros didáticos do PNLD 2021. Assim, o recorte desta análise e suas discussões é dado no âmbito do ensino-aprendizagem de ciências ainda que se reconheça a potencialidade para outros referenciais de estudo sobre o tema.

METODOLOGIA

A metodologia usada neste trabalho foi fundamentada na Análise de Conteúdo de Laurence Bardin (1979), que pode ser organizada em três polos cronológicos: pré-análise, exploração do material, e tratamento dos resultados. Na primeira etapa, a pré-análise, foram selecionados como objetos de estudo as sete coleções de Livros Didáticos (LD) de Ciências da Natureza e suas Tecnologias que compõem o PNLD do ensino médio 2021 conforme a Portaria nº 68, de 2 de junho de 2021 emitida pela Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação. Ainda nessa etapa, selecionou-se como objeto de análise o conjunto de representações do elétron nos livros selecionados e formulou-se a hipótese de que os livros continham múltiplas representações de elétrons dispersos entre os diferentes conteúdos abordados. Além disso, as obras foram catalogadas e dispostas em uma tabela (Tabela 1).

Assim, estabelecidas as condições da pesquisa na pré-análise, procedeu-se à segunda etapa, ou seja, a exploração do material, que consistiu na investigação de todas as páginas das obras selecionadas à procura de representações do elétron, que foram tomadas como indicadores, e posteriormente foram organizadas e codificadas. A partir das informações extraídas dos livros, foram elaborados quadros contendo as seguintes informações: as representações de elétrons identificadas, o capítulo abordado e a página onde foi encontrada a representação. Em seguida, os dados foram reorganizados em um quadro geral segundo os critérios de presença ou ausência de representações de elétrons, a frequência com que são abordados, e a correlação com conteúdo e disciplina em questão. A terceira etapa, o tratamento dos resultados, encontra-se na seção de Resultados e Discussão, a seguir.

Tabela 1: LD de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados pelo PNLD 2021

Editora	Coleção	Livros	Autor – ano
Scipione	Scipione	Materiais, luz e som: modelos e propriedades Desafios contemporâneos das juventudes O mundo atual: questões sociocientíficas Materiais e energia: transformações e conservação Origens: o universo, a terra e a vida Evolução, biodiversidade e sustentabilidade	MORTIMER, E.; MATEUS, A.; PIMENTA, M. et al. 2020.
Moderna	Lopes & Rosso	Evolução e Universo Energia e consumo sustentável Água, agricultura e uso da terra Poluição e movimento Corpo humano e vida saudável Mundo tecnológico e ciências aplicadas	ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. 2020.
Moderna	Diálogo	O universo da ciência e a ciência do universo Vida na terra: como é possível? Energia e sociedade: uma reflexão necessária Ser humano e meio ambiente: relações e consequências Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia Ser humano: origem e funcionamento	SANTOS, Kelly Cristina dos.2020.
Moderna	Plus	O conhecimento científico Água e vida Ciência e tecnologia Universo e evolução Matéria e energia Humanidade e ambiente	AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; FERRARO, N. G. et al. 2020.
Moderna	Conexões	Matéria e energia Energia e ambiente Saúde e tecnologia Universo, materiais e evolução Conservação e transformação Terra e equilíbrios	THOMPSON, M.; RIOS, E. P.; SPINELLI, W.et al. 2020.
Sm Educação	Ser protagonista	Energia e transformações Composição e estrutura dos corpos Ambiente e ser humano Matéria e transformações Vida, saúde e genética Evolução, tempo e espaço	ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. et al. 2020.
FTD	Multiversos	Eletricidade na sociedade e na vida Origens Matéria, energia e a vida Ciência, tecnologia e cidadania Ciência, sociedade e ambiente Movimentos e equilíbrios na natureza	GODOY, L.; DELL'AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. d. et al. 2020.

Fonte: autores, 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como os livros didáticos examinados são da área geral de ciências da natureza e abordam diferentes temas, é de se esperar que o elétron – e alguma representação correspondente – não conste em todos os livros de cada coleção. Entretanto, cabe destacar que na coleção Lopes & Rosso da editora Moderna, todos os livros continham alguma representação do elétron. Nas demais coleções, a representação do elétron foi encontrada somente em alguns livros. Desse modo, dos 42 livros analisados, somente em 29 há alguma representação de elétron. A partir das

representações encontradas nos livros, atribuiu-se um código a cada representação de elétron com as letras maiúsculas de A a R (Quadro 1).

Quadro 1: Identificação das representações de elétron

Código	Representação	Código	Representação
A	e^-	J	••
B	e^-	K	
C	e^-	L	
D	$-e$	M	
E	e	N	
F	$(\begin{smallmatrix} 0 \\ -1 \end{smallmatrix} e)$	O	
G		P	
H		Q	
I		R	

Fonte: adaptado dos livros didáticos, 2023.

Conforme é perceptível no quadro acima, foram identificados 18 tipos de representações de elétrons nos LD aprovados pelo PNLD para explicar diversos conteúdos, tanto na área de química, como na de física e de biologia.

Além disso, existem representações comuns que mudam sutilmente, conforme pode ser visto entre as representações de A a F e de H a J. Dessa forma, pode-se estabelecer uma subclassificação das representações. Aquelas de A a F podem ser designadas como parte do grande grupo de representações do tipo “e”, enquanto as representações de H à J, constituem o tipo “ponto”.

A fim de determinar a frequência com que são apresentadas as representações, foi confeccionado Quadro 2.

A partir dos dados coletados, observa-se que as representações A e I são mais frequentes, empregadas 84 e 52 vezes, respectivamente, demonstrando, assim, uma preferência dos autores por representações que exibam o aspecto corpuscular do elétron. As representações de H a J, do grupo “ponto”, são utilizadas por todas as coleções de livros didáticos. Já a representação A, que pertence ao grande grupo “e” é a mais utilizada entre os 18 tipos de representações, além de constar também em todas as coleções de LD. Apesar da representação A ser frequentemente utilizada, o grande grupo “e”, que engloba as representações de A a F, totaliza 98 representações, ficando atrás do grupo “ponto” (representações de H a J), que totalizam 107 representações.

Quadro 2: Frequência das representações de elétrons nos LD

Coleções de LD	Representação																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	Total
Scipione	3	-	-	-	-	-	-	2	10	2	1	2	1	-	1	1	1	-	24
Lopes & Rosso	26	-	-	-	-	-	-	2	4	11	-	-	-	-	-	-	-	-	43
Diálogo	10	-	1	-	1	-	-	3	8	4	1	1	-	-	-	-	-	-	29
Plus	15	1	-	-	-	1	1	5	3	8	-	1	-	-	-	-	-	-	35
Conexões	12	1	-	-	-	-	1	1	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	25
Ser Protagonista	7	-	-	1	1	-	-	2	13	8	1	-	2	-	1	-	-	1	37
Multi-versos	11	1	2	1	2	1	1	1	10	2	-	-	-	1	-	-	-	-	33
Total	84	3	3	2	4	2	3	16	52	39	5	4	3	1	2	1	1	1	226

Fonte: autores, 2023.

É possível observar que representações do elétron como onda – N, O e P – são abordadas somente 4 vezes e em apenas 4 dos 42 LD analisados. Na representação P do livro “O mundo atual: questões sociocientíficas”, da editora Scipione, página 130, o elétron é representado na forma de funil de ondas. Já o livro “Ciência, tecnologia e cidadania” da editora FTD na página 146, apresenta a onda com pontos entre os picos (Representação N), uma peculiaridade, já que as representações geralmente demonstram ou o caráter corpuscular, ou o caráter ondulatório.

Também pode ser notado que a representação K, que demonstra o elétron no orbital, consta apenas 5 vezes, em 4 coleções de LD diferentes. Já as representações que demonstram o elétron como nuvem (representações L e M) são abordadas apenas 7 vezes, em 4 coleções de LD. A rigor, o orbital atômico é um conceito distinto do conceito de elétron. Entretanto, os conceitos se mesclam em virtude do caráter ondulatório do elétron e sob a ótica de que está espalhado em uma região daquele espaço. Assim, para fins da presente pesquisa, considerou-se essa representação como sendo significativa para a amostra. Cabe destacar que essas representações são escassas, o que é um indicativo de que o caráter ondulatório do elétron é preterido em relação à interpretação corpuscular. Representações ondulatórias foram constatadas em apenas 11 vezes, em 5 das 7 obras aprovadas.

A representação Q, que demonstra o elétron com seu spin é observada uma vez no livro “Desafios contemporâneos das juventudes” da editora Scipione. Já na coleção Ser Protagonista, o spin consta uma vez na página 46, do livro “Composição e Estrutura dos Corpos”, na forma de ponto com a representação “e” no meio, mostrando os dois polos e a possível rotação (representação R). Ambas parecem ter a intenção de demonstrar a mesma propriedade do elétron, o *spin*, mas com representações diferentes.

Conforme os objetivos do trabalho, investigou-se também os tipos de representação e sua correlação com os conteúdos trabalhados nos livros didáticos. Assim, foram observadas e quantificadas as representações de elétrons em cada conteúdo tratado nos livros. Os dados relativos a essa análise foram compilados no Quadro 3.

Como pode ser observado (Quadro 3), o conteúdo que mais utiliza as representações de elétron é a eletroquímica, seguido por teoria atômica, o que não deixa de ser surpreendente considerando que é durante o conteúdo de teoria atômica que são explicadas as partículas subatômicas e é quando o elétron é bastante discutido.

Quadro 3: Frequência das representações de elétron em cada conteúdo.

Conteúdos	Representação																	Total	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		R
Teoria Atômica	4	-	1	-	1	-	-	3	27	1	-	2	1	-	-	-	-	-	40
Eletroquímica	68	-	1	-	1	-	-	2	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	75
Ligações químicas	2	-	-	-	-	-	-	2	4	16	-	1	1	-	-	-	1	-	27
Tabela Periódica	2	-	-	-	1	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Geometria Molecular	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-	9
Física Moderna	2	1	-	-	-	-	-	-	7	-	1	1	-	1	2	-	-	1	16
Eletricidade	-	2	-	2	-	-	2	8	8	-	-	-	1	-	-	1	-	-	24
Bioquímica	7	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Termoquímica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Reações químicas	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	4
Radioatividade	-	-	-	-	1	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Soluções	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Ondas	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Polímeros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Funções químicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Total	84	3	3	2	4	2	3	16	52	39	5	4	3	1	2	1	1	1	226

Fonte: autoras, 2023.

No conteúdo de eletroquímica, as representações são usadas nos seguintes temas: oxirredução, pilhas e eletrólise. A representação frequentemente usada nesse conteúdo é a A, e a maioria possui aspecto corpuscular.

No tópico de teoria atômica a representação mais usada é a I, e os temas são: modelos atômicos, propriedade dos materiais, e tabela periódica. A representação L consta duas vezes, com caráter ondulatório. As demais representações usadas para este conteúdo, em sua maioria, possuem caráter corpuscular.

Em ligações químicas, a representação de elétron mais usada é a J, ou seja, de ponto. Os temas abordados nesse conteúdo são: ligação metálica, ligação iônica, ligação covalente, ligações de hidrogênio, ligações simples, duplas e triplas. Sobre as ligações metálicas, a página 76 do livro “Materiais e Energia: Transformações e Conservação” da editora Scipione, conta com uma

representação em forma de nuvem, a representação L, que em sua maioria é usada nos conteúdos de física moderna e teoria atômica. Quase todas as representações do elétron em ligações químicas possuem caráter corpuscular.

No tema de física moderna, os elétrons são mostrados 16 vezes, com maior frequência na representação I. Nesse tópico, há os dois aspectos do elétron: o corpuscular e o ondulatório; no conteúdo de eletricidade, o elétron é abordado 24 vezes, e representações mais usadas são a H e I. As representações M e P, constam apenas uma vez, e possuem o caráter ondulatório. As menções restantes são de caráter corpuscular, majoritariamente. Os temas abordados nesse conteúdo são: fenômenos magnéticos, ação da força magnética sobre partículas carregadas, materiais condutores, isolantes e semicondutores, transformações de energia em alguns aparelhos, introdução a eletricidade, carga e forças elétricas, campo e potencial elétricos, eletrostática: eletricidade estática, eletrização por contato, circuitos elétricos, corrente elétrica, a experiência de Millikan e a carga do elétron.

No tópico de bioquímica, o elétron é tratado apenas 10 vezes, sendo que em 7 delas é representado por A. Nesse tópico, o caráter do elétron é majoritariamente corpuscular.

Conforme observado, o elétron é abordado não só em conteúdos tradicionalmente químicos, mas em conteúdos de outras disciplinas como a física e a biologia. Embora os livros pretendam tratar dos conceitos de forma interdisciplinar, as áreas do conhecimento são tradicionalmente disciplinares e esse reconhecimento permanece na formação dos docentes. Assim, considerou-se pertinente identificar a quais áreas tradicionais do conhecimento os elétrons têm maior vinculação (Quadro 4).

Quadro 4: Tipos de representações utilizadas em cada disciplina.

Disciplinas	Representações																		Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
Química	77	-	2	-	3	2	1	7	43	39	5	4	2	1	2	-	1	1	190
Física	1	3	-	2	1	-	2	9	8	-	-	-	1	-	-	1	-	-	28
Biologia	6	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Total	84	3	3	2	4	2	3	16	52	39	5	4	3	1	2	1	1	1	226

Fonte: autoras, 2023.

Conforme exposto no Quadro 4, a química é a disciplina que mais utiliza o elétron para explicar seus fenômenos. A representação mais usada é a A, seguida da I e J, respectivamente. Além de serem abordados 190 vezes nos LD nos conteúdos atribuídos a química, as representações de elétrons são mencionadas 28 vezes na disciplina de física, e 8 vezes na disciplina de biologia. Em física, as representações mais usadas são a H e a I, que tratam o elétron apenas como uma partícula negativa. Já em biologia, a representação mais frequente é a A.

Em química, o elétron é apresentado de 15 formas diferentes. Já em biologia foram contabilizados apenas 3 tipos de representações. Em física, observou-se 9 representações para o elétron com destaque para a observação de que as representações B e D constam apenas nessa disciplina. Nos conteúdos tradicionais de química, o aspecto do elétron é tratado algumas poucas vezes como ondulatório, em sua maioria tem aspecto corpuscular. O mesmo se dá para os conteúdos de física e biologia.

De acordo com os resultados obtidos na análise, é possível realizar algumas considerações de prováveis limites e potencialidades das representações dos elétrons nos processos de ensino-aprendizagem. Inicialmente, cabe destaque para a quantidade de representações de elétrons encontradas nos LD. Como visto, há uma grande variedade de representações para a mesma

partícula. O professor, por já ter naturalizado a grande gama de representações, pode não se atentar ao fato de que está introduzindo uma nova representação de elétron, e com isso, não deixar claro para os estudantes que se trata do mesmo objeto. Os estudantes, por sua vez, podem apresentar grandes falhas na compreensão dos fenômenos por serem expostos ao mesmo conceito de forma variada.

A multiplicidade de informações se estende também às analogias empregadas. Por exemplo, uma das obras aborda a analogia do pudim de passas de Thomson, mas não se limita a ela. Os autores a estendem e propõem uma analogia adicional: sugerem uma melancia como equivalência ao pudim de passas, afirmando que “[...] a parte vermelha da melancia corresponderia àquilo que Thomson descreveu como a esfera contendo a carga positiva uniformemente distribuída”, enquanto as sementes da melancia seriam os elétrons incrustados nessa esfera (Mortimer et al., 2020, p. 45). Desse modo, as sementes de melancia são análogas às passas do pudim de Thomson, que, por sua vez, representariam os elétrons. Pode-se supor que os autores tentaram proporcionar aos estudantes uma analogia contextualizada considerando que no Brasil é raro quem consuma pudim de passas, mas, do ponto de vista da soma adicional de conceitos, é questionável se a metáfora subsequente facilita a aprendizagem.

Uma questão pertinente a ser tratada é a falta de coerência entre as representações empregadas pelos autores nas diferentes obras. Por exemplo, para ligações químicas, um autor usa a representação L (Mortimer et al., 2020, p. 76), que nos outros livros é usada nos conteúdos de física moderna e teoria atômica, para explicar a ligação metálica. Além disso, nos outros quatro livros que abordam o assunto de ligação metálica, as representações usadas foram A, H e I, ou seja, cada autor adotou uma representação para o mesmo conteúdo. O estudante, por sua vez, pode deparar-se com outra representação de elétron para o mesmo assunto, seja por trocar de escola, ter acesso a diferentes livros ou até mesmo ao resolver exercícios propostos pelo professor, de sites da *internet* e vestibulares, o que pode causar incompreensões e dificuldades.

Outro ponto que merece atenção é a representação usada no livro “Ciência, tecnologia e cidadania” da editora FTD, página 146 (Godoy, Dell'agnolo, Melo, 2020). Para explicar o experimento da dupla fenda, a representação de elétron adotada foi uma onda com pontos entre os picos (Quadro 1, representação N). Trata-se de uma representação peculiar, já que as representações geralmente demonstram ou as ondas ou os pontos. Entretanto, a representação revela uma falta de consenso entre os autores e levanta uma questão que assombra até os pesquisadores da área: qual a melhor forma de representar a o elétron com caráter ondulatório? Seria unindo as duas representações “ponto” e “onda”, para deixar mais visível aquilo que é de difícil imaginação e apresentar simultaneamente ambos os aspectos? Conforme afirma Chassot (1996, p. 3), ao referir-se ao elétron, diz que é “[...] difícil imaginá-lo comportando-se, ao mesmo tempo, como onda e partícula”. Ainda assim, fica nítida a preocupação dos autores em tentar unir representações familiares aos estudantes, como é o caso da melancia ou do ponto e uma onda, para facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

Conforme constatou-se na presente análise, as representações do elétron não se limitam à química, ainda que em menor escala. Entretanto, como observado no Quadro 4, são utilizadas diferentes representações. Esse contexto dificulta a percepção de que o elétron que está na física propagando energia nas correntes elétricas seja o mesmo o elétron que está em biologia na quebra de molécula de uma etapa do metabolismo energético e que seja o mesmo que está na química nas transições eletrônicas e ligações químicas.

Quanto às coleções dos LD, também é possível fazer algumas observações. Comparando as editoras, conclui-se que a frequência com que algumas representações são mostradas é maior do que em outras. Esse é o caso da Editora Moderna, coleção Lopes & Rosso, na qual a representação

A é tratada 26 vezes, e das coleções Scipione e Ser protagonista, em que essa representação consta apenas 3 e 7 vezes, respectivamente. Também se notou que algumas editoras apresentam um número maior de representações do que outras. Por exemplo, o da Editora Moderna, coleção Lopes & Rosso, aborda apenas 4 tipos de representações diferentes de elétron. As coleções Multiversos e Ser Protagonista, por sua vez, apresentam 11 tipos de representações diferentes em seus livros. Observou-se ainda que as coleções com menos tipos diferentes de representação, são aquelas que não representam o elétron com o seu aspecto onda-partícula.

Nesse sentido, fica reiterada a necessidade de que os professores façam uma análise criteriosa nos LD escolhidos em sintonia com o que afirmam estudiosos da área:

Ao analisar livros didáticos, é possível perceber a existência de falhas na sua composição, às vezes na forma de apresentação do conteúdo, nas atividades propostas, no desenvolvimento dos conceitos no decorrer das páginas, ou ainda de inadequação à realidade local, às práticas sociais do grupo escolar em questão. Por esse motivo destaca-se a importância de utilizar diversos livros, mas, também, variados recursos pedagógicos, para oferecer ao aluno uma vasta fonte de informações (Rosa, Ribas, Barazzutti, 2012, p. 3).

Os livros didáticos da Editora Scipione são os que parecem ser os mais completos no que se refere à amplitude de conceitos abordados e conteúdos que empreguem o elétron. São também os que abordam o caráter ondulatório com maior frequência. Essa espécie análise pode servir para fundamentar a escolha dos livros pelos professores conforme preconizam alguns autores:

Analisar um livro antes de utilizá-lo é de suma importância, pois se pode perceber qual a intenção da aplicação de referidos exercícios, ou verificar se o objetivo a alcançar na explicação de determinado conceito vai ser efetivado, não fugindo do objetivo que o professor traçou no início do plano de atividades. Além disso, é necessário verificar se a linguagem utilizada no livro é clara, e está coerente com a faixa etária a que se destina o trabalho em sala de aula, para a partir disso desenvolver uma atividade com bom aproveitamento, e assim auxiliar na aprendizagem da turma, facilitando o processo de ensino (Rosa, Ribas, Barazzutti, 2012, p. 9).

Em suma, a presente análise evidenciou que há disparidades entre as representações dos livros analisados em termos de diferenças entre representações, frequência com que são apresentadas e disciplinas às quais são vinculadas. Somando-se a isso o fato de que a última etapa da Transposição Didática é o que efetivamente se ensina em sala de aula, e que disso depende também a formação do professor, conclui-se que uma uniformidade no ensino de ciências é improvável e certamente impacta a aprendizagem dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se que as duas primeiras questões pesquisa – relativas aos tipos de representações, suas quantidades e correlação com os conteúdos – foram respondidas integralmente e demonstradas na seção anterior. Os resultados permitiram concluir que existem desigualdades entre as representações adotadas pelos livros didáticos. A origem dessas diferenças, entretanto, permanece sem resposta. A hipótese mais provável, logicamente, é a de que os autores procederam conforme a literatura consultada, em conjunto com as formações acadêmicas que constituíram ao longo de suas trajetórias. No entanto, a transposição do saber sábio para o saber para ensinar carece de maior cuidado a fim de evitar ambiguidades que possam trazer prejuízo aos estudantes.

Quanto à terceira questão de pesquisa, referente às potenciais influências que essas representações podem ter no processo de ensino-aprendizagem de química, certamente existe a necessidade de outras investigações para ser completamente compreendida. No entanto, a partir do que foi observado sobre a variedade, quantidade e abordagem das representações dos elétrons, pode-se fazer algumas ponderações.

A apreensão de representações constitui um desafio cognitivo para os estudantes. Além das representações pictóricas, os significados verbais também necessitam de atenção. Por exemplo, conforme apontam Cheng e Gilbert (2008), a menção ao termo nuvem deve ser acompanhada de sua representação visual, já que existem evidências de que estudantes podem atribuir à palavra “nuvem” o mesmo significado que se dá à nuvem de chuva, ou seja, como esponja ou como algo carregado de água ou outra substância em seu interior.

O elétron, como dito anteriormente, é a partícula atômica central em grande parte das explicações de fenômenos tratados no ensino médio. Apesar disso, trata-se de um ente invisível, cujo aparato experimental que subsidia as evidências de sua existência é inacessível por limitações financeiras e estruturais marcadamente presentes na realidade escolar. Assim, o elétron no âmbito do ensino básico torna-se meramente abstrato e disso deriva a necessidade do cuidado metodológico referente ao processo de seu ensino e aprendizagem.

A literatura consultada permite concluir de que não há dúvidas sobre a importância de dar significado e explicação consistente a todas as representações empregadas. Além do exposto, não se pode ignorar que a química é uma linguagem. Assim, quanto mais caracteres, ou representações, forem necessárias à sua compreensão, maiores serão os esforços por parte dos docentes em ensiná-los, e, logicamente, dos discentes em aprendê-los, de acordo com o que afirma a literatura:

[...] o nível simbólico de representação proporciona uma linguagem básica para discutir, ensinar e aprender química e isso é onipresente na disciplina de química e nas salas de aula de química. Ao ensinar as convenções simbólicas da química, é importante que o professor compreenda que é provável que seja necessário tempo e prática antes que o domínio dessa nova linguagem seja possível. [...] A incompreensão das sutilezas da linguagem simbólica torna difícil para aprender as ideias. Incompreender as ideias, ou manter concepções alternativas para conceitos químicos básicos, torna fácil interpretar erroneamente o que é representado por meio linguagem (Taber, 2009, p. 101, tradução nossa)

Apesar disso, com o que foi obtido no presente trabalho, seria precipitado responder a uma hipótese de que há multiplicidade excessiva de representações para o elétron, ou ainda que uma única representação devesse ser adotada de forma universal a fim de eliminar as disparidades entre os livros didáticos. Afinal, em diferentes contextos talvez seja, de fato, necessário empregar uma representação diferente para o mesmo ente. O que se pode afirmar, entretanto, é a necessidade de que cada representação seja devidamente elucidada em seu contexto. Pode-se argumentar ainda que, para introduzir uma nova representação, é necessário que exista uma justificativa pertinente, ou seja, que a representação adicione novas informações, ideias ou simplificações que sejam insuficientes nas anteriores. Do contrário, em consonância com o que afirma a literatura, uma nova representação pode dificultar a aprendizagem por tornar-se apenas um novo objeto para somar-se ao repertório de símbolos da linguagem química dentre tantos outros que o estudante já deve se apropriar.

Trabalhos futuros poderão explorar as razões das escolhas de representação empregadas pelos autores, compreender a história e epistemologia do conceito de elétron e propor estratégias metodológicas que visem aprimorar a compreensão das representações no ensino de ciências.

REFERÊNCIAS

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; TORRES, Carlos Magno A.; SOARES, Júlio; CANTO, Eduardo Leite do; LEITE, Laura Celloto Canto. *Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Água e vida*. São Paulo: Moderna, 2020.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; TORRES, Carlos Magno A.; SOARES, Júlio; CANTO, Eduardo Leite do; LEITE, Laura Celloto Canto. *Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2020.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; TORRES, Carlos Magno A.; SOARES, Júlio; CANTO, Eduardo Leite do; LEITE, Laura Celloto Canto. *Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Humanidade e ambiente*. São Paulo: Moderna, 2020.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; TORRES, Carlos Magno A.; SOARES, Júlio; CANTO, Eduardo Leite do; LEITE, Laura Celloto Canto. *Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Matéria e energia*. São Paulo: Moderna, 2020.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; TORRES, Carlos Magno A.; SOARES, Júlio; CANTO, Eduardo Leite do; LEITE, Laura Celloto Canto. *Ciências da Natureza e suas Tecnologias: O conhecimento científico*. São Paulo: Moderna, 2020.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; TORRES, Carlos Magno A.; SOARES, Júlio; CANTO, Eduardo Leite do; LEITE, Laura Celloto Canto. *Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Universo e evolução*. São Paulo: Moderna, 2020.

ATKINS, Peter; LAVERMAN, Leroy; JONES, Loretta. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1979.

BRASIL. Diário Oficial da União. Secretaria de Educação Básica. Portaria nº 68, de 02 de junho de 2021. Brasília, 2021. Disponível em <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/consultas-editais/editais/edital-pnld-2021/Portaria68resultadofinalavaliapopedaggicaPNLD2021.pdf> Acesso em 05 dez. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_verseofinal_site.pdf Acesso em 05 dez. 2023.

CAMARGO, Luana Carol de; ASQUEL, Sara de Simas; OLIVEIRA, Brenno Ralf Maciel. Problematizando o ensino de modelos atômicos: uma exploração sobre as representações e o uso de um jogo didático. *Actio: Docência em Ciências*, v. 3, n. 3, p. 197-213, 2018. Disponível em <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/7998> Acesso em 23 out. 2024.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, n. 22, p. 89-100, jan. 2003. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWfQdWJ3KJh/> Acesso em 23 out. 2024.

- CHASSOT, Attico. Sobre prováveis modelos de átomos. *Química Nova na Escola*, n. 3, p. 3, 1996. Disponível em <http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc03/ensino.pdf> Acesso em 23 out. 2024.
- CHENG, Maurice; GILBERT, John K. Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education. In: GILBERT, John K.; TREAGUST, David. *Multiple Representations in Chemical Education*. Dordrecht: Springer, 2009. p. 55-74.
- CHEVALLARD, Yves. *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1991.
- CUNHA, Silas Goulart da. *A estrutura eletrônica do átomo: um estudo sobre o conhecimento de química quântica no ensino superior*. 128 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Química, (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.
- GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. *Multiversos Ciências da Natureza: Ciência, Sociedade e Ambiente*. São Paulo: FDT 2020.
- GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. *Multiversos Ciências da Natureza: Ciência, Tecnologia e Cidadania*. São Paulo: FDT, 2020.
- GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. *Multiversos Ciências da Natureza: Eletricidade na Sociedade e na Vida*. São Paulo: FDT, 2020.
- GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. *Multiversos Ciências da Natureza: Matéria, Energia e a Vida*. São Paulo: FDT, 2020.
- GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. *Multiversos Ciências da Natureza: Movimentos E Equilíbrio Na Natureza*. São Paulo: FDT, 2020.
- GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. *Multiversos Ciências da Natureza: Origens*. São Paulo: FDT, 2020.
- GOMES, Gerson G.; PIETROCOLA, Maurício. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, p. 1 - 11, 2011. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbef/a/g7F4wDfZYtBSGjB66bg9B8L/> Acesso em 23 out. 2024.
- JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, Cambridge - UK, v. 1, n. 1, p. 9 - 15, 2000. Disponível em <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2000/rp/a9rp90001b> Acesso em 23 out. 2024.
- LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência. *Química Nova*, v. 20, n. 5, p. 563-568, 1997. Disponível em <https://www.scielo.br/j/qn/a/NcSWRsGpkSyvhY3FxxdNN5b> Acesso em 23 out. 2024.
- MORTIMER, Eduardo; HORTA, Andréa; MATEUS, Alfredo; MUNFORD, Danusa; FRANCO, Luiz; MATOS, Santer; PANZERA, Arjuna; GARCIA, Esdras; PIMENTA, Marcos. *Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Desafios Contemporâneos das Juventudes*. São Paulo: Editora Scipione, 2020.
- MORTIMER, Eduardo; HORTA, Andréa; MATEUS, Alfredo; MUNFORD, Danusa; FRANCO, Luiz; MATOS, Santer; PANZERA, Arjuna; GARCIA, Esdras; PIMENTA, Marcos. *Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Evolução, Biodiversidade e 61 Sustentabilidade*. São Paulo: Editora Scipione, 2020.
- MORTIMER, Eduardo; HORTA, Andréa; MATEUS, Alfredo; MUNFORD, Danusa; FRANCO, Luiz; MATOS, Santer; PANZERA, Arjuna; GARCIA, Esdras; PIMENTA, Marcos. *Matéria, energia*

e vida: uma abordagem interdisciplinar: Materiais e Energia: Transformações e Conservação. São Paulo: Editora Scipione, 2020.

MORTIMER, Eduardo; HORTA, Andréa; MATEUS, Alfredo; MUNFORD, Danusa; FRANCO, Luiz; MATOS, Santer; PANZERA, Arjuna; GARCIA, Esdras; PIMENTA, Marcos. *Matéria, energia e vida*: uma abordagem interdisciplinar: Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades. São Paulo: Editora Scipione, 2020.

MORTIMER, Eduardo; HORTA, Andréa; MATEUS, Alfredo; MUNFORD, Danusa; FRANCO, Luiz; MATOS, Santer; PANZERA, Arjuna; GARCIA, Esdras; PIMENTA, Marcos. *Matéria, energia e vida*: uma abordagem interdisciplinar: O Mundo Atual: Questões Sociocientíficas. São Paulo: Editora Scipione, 2020.

MORTIMER, Eduardo; HORTA, Andréa; MATEUS, Alfredo; MUNFORD, Danusa; FRANCO, Luiz; MATOS, Santer; PANZERA, Arjuna; GARCIA, Esdras; PIMENTA, Marcos. *Matéria, energia e vida*: uma abordagem interdisciplinar: Origens: O Universo, a Terra e a Vida. São Paulo: Editora Scipione, 2020.

PESSOA JÚNIOR, Osvaldo. A representação pictórica de entidades quânticas da Química. *Química Nova na Escola*, n. 7, p. 25-33, 2007. Disponível em <http://qnesc.sbj.org.br/online/cadernos/07/a05.pdf> Acesso em: 23 out. 2024.

RAMOS, Lucilene Correia. *Os conceitos de quantum de uma grandeza e dualidade onda-partícula no ensino do modelo atômico*. 119 f. Dissertação, Curso de Programa de Pós- Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. (Mestrado), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

RAMOS, Lucilene Correia; SILVA, Juliel Cerqueira da; SILVA, José Luis de Paula Barros. Modelo atômico quântico em coleções de química aprovadas no PNLD 2015. Parte I: quantum de energia, dualidade onda-partícula e números quânticos. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2015, Águas de Lindóia - SP. *Anais [...]*. Águas de Lindóia - SP: ENPEC, 2015. p. 1-8.

ROSA, Carine Pedroso da; RIBAS, Lizemara Costa; BARAZZUTTI, Milene. Análise De Livros Didáticos. In: *III Escola De Inverno De Educação Matemática e I Encontro Nacional PIBID - Matemática*, 2012, Santa Maria - RS. *Anais [...]*. Santa Maria: III EIEMat, 2012. p. 1-9.

ROSA, Maria Inês de Freitas Petrucci S; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química nova na escola*, v. 8, p. 31-35, 1998. Disponível em <http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc08/pesquisa.pdf> Acesso em 23 out. 2024.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. *Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Água, Agricultura e Uso da terra*. São Paulo: Moderna, 2020.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. *Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Corpo humano e Vida saudável*. São Paulo: Moderna, 2020.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. *Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Energia e Consumo sustentável*. São Paulo: Moderna, 2020.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. *Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Evolução e universo*. São Paulo: Moderna, 2020.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. *Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Mundo tecnológico e Ciências aplicadas*. São Paulo: Moderna, 2020.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. *Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Poluição e Movimento*. São Paulo: Moderna, 2020.

SANTANA, Kathamania Vanessa Rezende; SARMENTO, Victor Hugo Vitorino; WARTHA, Edson José. Modelos atômicos e estrutura celular: uma análise das ideias dos estudantes de química do ensino médio. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 2, n. 2, p. 110-122, 2011. Disponível em <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/60> Acesso em 23 out. 2024.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e sociedade: uma reflexão necessária*. São Paulo: Moderna, 2020.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: o universo da ciência e a ciência do universo*. São Paulo: Moderna, 2020.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser humano e meio ambiente: relações e consequências*. São Paulo: Moderna, 2020.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser humano: origem e funcionamento*. São Paulo: Moderna, 2020.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia*. São Paulo: Moderna, 2020.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Vida na Terra: como é possível?* São Paulo: Moderna, 2020.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Apontamentos sobre a história do ensino de química no Brasil. In: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MALDANER, Otavio Aloisio. *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 51-75.

SOUZA, Vinícius Catão de Assis; JUSTI, Rosária da Silva; FERREIRA, Poliana Flávia Maia. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n.1, p.7-28, 2006. Disponível em <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/500>. Acesso em 23 out. 2024.

TABER, Keith S. Learning at the Symbolic Level. In: GILBERT, John K.; TREAGUST, David. *Multiple Representations in Chemical Education*. Dordrecht: Springer, 2009. p. 75-108.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo; SANT'ANNA, Blaidi; NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Conservação e transformação*. São Paulo: Moderna, 2020.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo; SANT'ANNA, Blaidi; NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e ambiente*. São Paulo: Moderna, 2020.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo; SANT'ANNA, Blaidi; NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e energia*. São Paulo: Moderna, 2020.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo; SANT'ANNA, Blaidi; NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Saúde e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2020.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo; SANT'ANNA, Blaidi; NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Terra e equilíbrios*. São Paulo: Moderna, 2020.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo; SANT'ANNA, Blaidi; NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Universo, materiais e evolução*. São Paulo: Moderna, 2020.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. *Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ambiente e Ser Humano*. São Paulo: Sm Educação, 2020.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. *Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias: composição e estrutura dos corpos*. São Paulo: Sm Educação, 2020.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. *Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e Transformações*. São Paulo: Sm Educação, 2020.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. *Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Evolução, Tempo e Espaço*. São Paulo: Sm Educação, 2020.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. *Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Matéria e Transformações*. São Paulo: Sm Educação, 2020.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. *Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Vida, Saúde e Genética*. São Paulo: Sm Educação, 2020.

Submetido em 13 de dezembro de 2023
Aprovado em 16 dezembro de 2024

Informações das autoras

Ana Caroline da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
E-mail: ana.caroline.s@posgrad.ufsc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1327-0790>
Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9633673246366510>

Larissa Moreira Ferreira
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
E-mail: larissa.ferreira@ufsc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4466-9262>
Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7004036561506793>