

Do livro ao professor: como os Números Quânticos têm sido abordados em aulas de Química?

Título traduzido (centralizado, fonte Times New Roman 14, em negrito e itálico) From the book to the teacher: how have Quantum Numbers been used in Chemistry classes?

Del libro al profesor: ¿cómo se han utilizado los Números Cuánticos en las clases de Química?

Antonio Américo Falcone de Almeida, (aafalcone@gmail.com)

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Brasil

Quézia Raquel Ribeiro da Silva, (queziarrs@gmail.com)

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Brasil

Maria Betania Hermenegildo dos Santos, (mbetaniahs@gmail.com)

Universidade Federal da Paraíba–UFPB, Brasil

Francisco Ferreira Dantas Filho, (dantasquimica@yahoo.com.br)

Universidade Estadual da Paraíba–UEPB, Brasil

Resumo

A abordagem de conceitos relativos à teoria quântica, como os Números Quânticos, apresenta-se como relevante para o ensino de Química, haja vista que dimensiona para os estudantes a complexidade envolvida na estrutura atômica. Mesmo diante de sua importância, tal conteúdo nem sempre está presente em aulas de química, sobretudo por seu nível de abstração. Entendendo tal cenário, objetivamos neste estudo compreender se o conteúdo didático Números Quânticos tem sido discutido nos livros do Ensino Médio, bem como a relevância dada pelos professores de química para esta temática. Mediante pesquisa qualitativa, analisamos a presença deste conteúdo didático em 7 obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) em 2021, bem como reconhecemos, a partir da proposição de um questionário, a percepção de 17 professores de química a respeito deste conteúdo. Os resultados alcançados nos possibilitaram reconhecer a pouca presença dos Números Quânticos nos livros didáticos, bem como o reconhecimento de que sua abordagem se dá em aulas expositivas e dialogadas. Concluímos que o distanciamento entre os livros didáticos e os Números Quânticos, assim como o ensino descontextualizado deste conteúdo, desconsidera suas potencialidades para o entendimento atual do átomo, distanciando os estudantes de conceitos importantes da teoria quântica.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

Palavras-chave: Teoria quântica; Livro Didático; Ensino de Química.

Abstract

The approach to concepts related to quantum theory, such as Quantum Numbers, is presented as relevant for the teaching of Chemistry, given that it measures the complexity involved in the atomic structure for students. Despite its importance, such content is not always present in Chemistry classes, mainly due to its level of abstraction. Understanding this scenario, we aimed in this study to understand whether the didactic content Quantum Numbers has been discussed in high school textbooks, as well as the relevance given by chemistry teachers to this theme. Through qualitative research, we analyzed the presence of this didactic content in 7 works approved by the Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) in 2021, as well as recognizing, from the proposition of a questionnaire, the perception of 17 Chemistry teachers regarding this content. The results achieved enabled us to recognize the little presence of Quantum Numbers in textbooks, as well as the recognition that their activation takes place in expository and dialogic classes. We conclude that the distance between textbooks and Quantum Numbers, as well as the decontextualized teaching of this content, disregards its potential for the current understanding of the atom, distancing students from important concepts of quantum theory.

Keywords: Quantum Theory; Textbook; Chemistry teaching.

Resumen

El abordaje de conceptos relacionados con la teoría cuántica, como los Números Cuánticos, es relevante para la enseñanza de la Química, ya que mide la complejidad que implica la estructura atómica para los estudiantes. A pesar de su importancia, este contenido no siempre está presente en las clases de química, principalmente por su nivel de abstracción. Entendiendo este escenario, nos propusimos en este estudio comprender el contenido didáctico de los Números Cuánticos que ha sido abordado en los libros de texto de la enseñanza media, así como la relevancia que le dan los profesores de química a este tema. A través de una investigación cualitativa, analizamos la presencia de este contenido didáctico en 7 trabajos aprobados por el Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) en 2021, ya que reconocimos, a partir de la propuesta de un cuestionario, la percepción de 17 profesores de química sobre este tema. Los resultados obtenidos permiten reconocer dos Números Cuánticos en la breve presencia de los libros de texto, así como el reconocimiento de que sus acciones se dan en clases expositivas y dialógicas. Concluimos que el distanciamiento entre los libros de texto y los Números Cuánticos, así como la enseñanza descontextualizada de este contenido, desatiende su potencial para la comprensión actual del átomo, alejando a los estudiantes de conceptos importantes de la teoría cuántica.

Palabras-clave: Teoría Cuántica; Libro de texto; Enseñanza de la Química.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

INTRODUÇÃO

A Teoria Quântica manifesta-se como uma das mais relevantes realizações intelectuais do século XX. Diversos fenômenos observados que não encontravam explicação na física clássica têm, na mecânica quântica, possibilidades de entendimento. De acordo com Costa e Schappo (2021), diferentes equipamentos e processos tomados atualmente como sinônimos de importantes avanços tecnológicos só foram possíveis devido à evolução da teoria quântica. Além disso, a explicação moderna quanto à estrutura atômica exige compreensões acerca dos fundamentos e buscas empreendidas pela mecânica quântica, tendo, portanto, grande relevância para o ensino de Química.

Caminhando por estas trilhas, Greca, Moreira e Herscovitz (2001) argumentam que a presença de discussões quanto à teoria quântica nas aulas de química tem fundamental importância para a compreensão dos estudantes em relação à matéria, suas características e transformações. Ademais, considerando a recente tomada do termo quântico em narrativas sociais como sinônimo de mistério e esoterismo, faz-se necessário promover a educação científica também como meio de contraposição aos discursos pseudocientíficos, que projetam ideias distorcidas acerca do que é ciência e as buscas que empreende.

No contexto da teoria quântica, inúmeros conceitos têm forte vinculação com conteúdos didáticos da química, sendo os Números Quânticos (NQs) um claro exemplo. Conforme Rocha e Cabral Neto (2022), os NQs caracterizam o elétron em um átomo, dimensionando para o estudante a complexidade envolvida na estrutura atômica atualmente assumida. Mesmo diante da relevância deste conhecimento, a presença dos NQs não é unânime nas aulas de química, estando condicionada, sobretudo, à apresentação no livro didático.

Conforme nos conta Rosa (2018), a relevância dada a um conteúdo ainda está muito ligada à sua apresentação nos livros didáticos, os quais ainda são tomados como instrumentos reguladores dos currículos. No que se refere aos NQs, reconhecemos, junto a Castro (2015), que sua presença não se dá em todas as obras, seja pela complexidade

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

que apresentam, exigindo um nível de abstração nem sempre tomado enquanto apropriado para o contexto do Ensino Médio, seja pelo tempo destinado à disciplina de química. Ademais, mesmo quando acionados, os NQs, por vezes, são apresentados de modo desconexo e aligeirado, priorizando-se o uso de analogias simplistas e incoerentes que, além de não contribuírem para o entendimento dos estudantes, também geram visões errôneas acerca de aspectos da teoria quântica.

Complementando tal discussão, Greca, Moreira e Herscovitz (2001) enfatizam ainda que o ensino dos NQs encontra restrições no que diz respeito à formação de professores, haja vista que nem todos os cursos de licenciatura acionam em suas grades curriculares discussões de conceitos ligados à teoria quântica. Por não encontrarem base teórica, os professores tendem a se abster de conteúdos que exigem tais conhecimentos, relegando os NQs à posição de esquecimento.

Refletindo acerca da importância dos NQs para o contexto da química, propomos este estudo com a seguinte questão em tela: o conteúdo didático Números Quânticos tem sido acionado em livros didáticos e aulas de química do ensino médio? Isto posto, objetivamos, neste estudo, compreender se o conteúdo didático Números Quânticos tem sido discutido nos livros do ensino médio, bem como a relevância dada pelos professores de química para esta temática.

INTERPRETANDO OS NÚMEROS QUÂNTICOS

A resolução da equação de Schrödinger para o átomo de hidrogênio nos mostra que existem três números quânticos característicos: “**n**”, “**l**” e “**m_l**” que podem ser tomados como um conjunto de três números inteiros que especificam e representam um orbital (HUHEEY, KEITER; KEITER. 1993).

De acordo com Huheey, Keiter e Keiter (1993), o número quântico principal (**n**) determina o nível de energia e sua relação é a mesma encontrada para o átomo de Bohr, ou seja:

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

$$E_n = - \frac{2 \pi^2 m e^4}{n^2 \cdot h^2} \quad (1)$$

Neste caso, “**n**” varia de 1 a ∞ , “**me**” é a massa do elétron, “**e**” é a carga eletrônica e “**h**” a constante de Planck.

Ainda de acordo com Huheey, Keiter e Keiter (1993), o menor valor de energia ocorre quando **n** = 1 e aumenta com o aumento de **n**. Quando **n** tende ao infinito, o elétron não está mais ligado ao átomo e portanto, não é mais quantificado, podendo ter qualquer energia cinética.

O número quântico secundário (**l**) representa a medida do momento angular orbital do elétron e determina a sua forma. O tipo de orbital é representado pelas letras **s, p, d, f, g**, etc., correspondendo aos valores que variam entre 0 até n-1. Para um determinado tipo de orbital, a função de onda do momento angular independe do número quântico principal (HUHEEY, KEITER; KEITER. 1993).

O número quântico magnético (**m_l**) descreve a orientação particular da distribuição espacial, variando de -**l** a +**l**. Para cada valor de **l**, existem (**2l + 1**) orbitais individuais (ATKINS; BERAN, 1992).

Em átomos multieletrônicos, é necessário o acionamento de um quarto número quântico chamado Spin (**S**). O valor de S pode ser +1/2 ou -1/2. Cada elétron de um orbital deve ter valor de S próprio, de modo que seja satisfeito o princípio da exclusão de Pauli, o qual indica que dois elétrons de um dado átomo não podem ter os mesmos valores em relação aos quatro NQs. Assim, o número de combinações possíveis para “**q**” elétrons com “**k**” orbitais a partir de tal princípio é dado por:

$$C_{2k}^q = \frac{2k!}{q!(2k-q)!} \quad (2)$$

Portanto, para o subnível p com 2 elétrons, temos que q = 2 e k = 3 assim, o números de configurações possíveis será:

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

$$C_6^2 = \frac{6!}{2!(2.3-2)!} = \frac{6!}{2.4!} = \frac{6.5.4!}{2.4!} = \frac{30}{2} = 15 \text{ combinações possíveis} \quad (3)$$

Veremos agora 4 quadros, cada um expressando 15 distribuições possíveis para 2 elétrons em um orbital p, de acordo com algumas considerações.

1ª Consideração (Quadro 1) :

- o número quântico magnético (m_l):

+1	0	-1
----	---	----
- o número quântico de spin (m_s) :

↑ +1/2

 e

↓ - 1/2

Quadro 01: Distribuições possíveis para o orbital p com 2 elétrons conforme sequência de m_l : +1,0,-1 e m_s : ↑ +1/2 e ↓ - 1/2.

Distribuições possíveis	m_l			Spin total (S)	Multiplic. Total	M_l (total)	Máxima multiplicidade e
	+1	0	-1	$S = \sum S_{(indiv.)}$ ↓ = -1/2 ↑ = +1/2	$2S + 1$	$M_L = \sum m_l$	$ M_L $
I	↓	↓		-1	-1	(1+0)= 1	1
II		↑	↑	1	3	(0-1)= -1	1
III	↑		↓	0	1	(1-1)= 0	0
IV	↓		↑	0	1	(1-1)= 0	0
V	↓		↓	-1	-1	(1-1)= 0	0
VI		↑	↓	0	1	(0-1)= -1	1
VII		↓	↑	0	1	(0-1)= -1	1
VIII	↑	↓		0	1	(1+0)= 1	1
IX	↓	↑		0	1	(1+0)= 1	1
X	↑		↑	1	3	(1-1)= 0	0
XI		↓	↓	-1	-1	(0-1)= -1	1
XII	↑	↑		1	3	(1+0)= 1	1
XIII	↓↑			0	1	(1+1)= 2	2
XIV			↑↓	0	1	(-1-1)= -2	2
XV		↓↑		0	1	(0+0)= 0	0

Fonte: elaboração própria (2023).

2ª Consideração (Quadro 2):

--	--	--

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

- o número quântico magnético (m_l): +1 0 -1
- o número quântico de spin (m_s) : $\uparrow -\frac{1}{2}$ e $\downarrow +\frac{1}{2}$

Quadro 02: Distribuições possíveis para o orbital p com 2 elétrons conforme sequência de m_l : +1,0,-1 e m_s : $\uparrow -\frac{1}{2}$ e $\downarrow +\frac{1}{2}$.

Distribuições possíveis	m_l			Spin total (S)	Multiplic. Total	M_L (total)	Máxima multiplicidade
	+1	0	-1	$S = \sum S_{(indiv.)}$ $\downarrow = +\frac{1}{2}$ $\uparrow = -\frac{1}{2}$	$2S + 1$	$M_L = \sum m_l$	$ M_L $
I	\downarrow	\downarrow		1	3	(1+0)= 1	1
II		\uparrow	\uparrow	-1	-1	(0-1)= -1	1
III	\uparrow		\downarrow	0	1	(1-1)= 0	0
IV	\downarrow		\uparrow	0	1	(1-1)= 0	0
V	\downarrow		\downarrow	1	3	(1-1)= 0	0
VI		\uparrow	\downarrow	0	1	(0-1)= -1	1
VII		\downarrow	\uparrow	0	1	(0-1)= -1	1
VIII	\uparrow	\downarrow		0	1	(1+0)= 1	1
IX	\downarrow	\uparrow		0	1	(1+0)= 1	1
X	\uparrow		\uparrow	-1	-1	(1-1)= 0	0
XI		\downarrow	\downarrow	1	3	(0-1)= -1	1
XII	\uparrow	\uparrow		-1	-1	(1+0)= 1	1
XIII	$\downarrow\uparrow$			0	1	(1+1)= 2	2
XIV			$\uparrow\downarrow$	0	1	(-1-1)= -2	2
XV		$\downarrow\uparrow$		0	1	(0+0)= 0	0

Fonte: elaboração própria (2023).

3ª Consideração (Quadro 3) :

- o número quântico magnético (m_l): -1 0 +1
- o número quântico de spin (m_s) : $\uparrow +\frac{1}{2}$ e $\downarrow -\frac{1}{2}$

Quadro 03: Distribuições possíveis para o orbital p com 2 elétrons conforme sequência de m_l : -1,0,+1 e m_s : $\uparrow +\frac{1}{2}$ e $\downarrow -\frac{1}{2}$.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

Distribuições possíveis	m_l			Spin total (S)	Multiplic. Total	M_l (total)	Máxima multiplicidade
	-1	0	+1	$S = \sum S_{(indiv.)}$ $\downarrow = -1/2$ $\uparrow = +1/2$	$2S + 1$	$M_L = \sum m_l$	$ M_L $
I	↓	↓		-1	-1	$(-1+0)=-1$	1
II		↑	↑	1	3	$(0+1)=1$	1
III	↑		↓	0	1	$(-1+1)=0$	0
IV	↓		↑	0	1	$(-1+1)=0$	0
V	↓		↓	-1	-1	$(-1+1)=0$	0
VI		↑	↓	0	1	$(0+1)=1$	1
VII		↓	↑	0	1	$(0+1)=1$	1
VIII	↑	↓		0	1	$(-1+0)=-1$	1
IX	↓	↑		0	1	$(-1+0)=-1$	1
X	↑		↑	1	3	$(-1+1)=0$	0
XI		↓	↓	-1	-1	$(0+1)=1$	1
XII	↑	↑		1	3	$(-1+0)=-1$	1
XIII	↓↑			0	1	$(-1-1)=-2$	2
XIV			↑↓	0	1	$(1+1)=2$	2
XV		↓↑		0	1	$(0+0)=0$	0

Fonte: elaboração própria (2023).

4ª Consideração (Quadro 4):

- o número quântico magnético (m_l):

-1	0	+1
----	---	----
- o número quântico de spin (m_s):

↑ -1/2

 e

↓ + 1/2

Quadro 04: Distribuições possíveis para o orbital p com 2 elétrons conforme sequência de m_l : -1,0,+1 e m_s : ↑ -1/2 e ↓ + 1/2.

Distribuições possíveis	m_l			Spin total (S)	Multiplic. Total	M_l (total)	Máxima multiplicidade
	-1	0	+1	$S = \sum S_{(indiv.)}$ $\downarrow = +1/2$ $\uparrow = -1/2$	$2S + 1$	$M_L = \sum m_l$	$ M_L $
I	↓	↓		1	3	$(-1+0)=-1$	1

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

II		↑	↑	-1	-1	$(0+1)= 1$	1
III	↑		↓	0	1	$(-1+1)=0$	0
IV	↓		↑	0	1	$(-1+1)=0$	0
V	↓		↓	1	3	$(-1+1)=0$	0
VI		↑	↓	0	1	$(0+1)=1$	1
VII		↓	↑	0	1	$(0+1)=1$	1
VIII	↑	↓		0	1	$(-1+0)= -1$	1
IX	↓	↑		0	1	$(-1+0)= -1$	1
X	↑		↑	-1	-1	$(-1+1)= 0$	0
XI		↓	↓	1	3	$(0+1)=1$	1
XII	↑	↑		-1	-1	$(-1+0)= -1$	1
XIII	↓↑			0	1	$(-1-1)= -2$	2
XIV			↑↓	0	1	$(1+1)= 2$	2
XV		↓↑		0	1	$(0+0)= 0$	0

Fonte: elaboração própria (2023).

METODOLOGIA

Natureza, contexto e participantes da pesquisa

Considerando as pretensões expostas, alinhamo-nos à abordagem qualitativa, tendo em vista que pretendemos garantir uma avaliação dos dados obtidos sem a intenção de quantificá-los. Para Silveira e Córdova (2009), realizar uma análise qualitativa nos leva à compreensão de aspectos que não necessitam ser quantitativamente expressos.

Levando em consideração o objetivo ora traçado, esta pesquisa apresenta caráter exploratório. Segundo Gil (2018), uma pesquisa denominada exploratória tem como característica a obtenção de conhecimento a respeito de determinado tema ou problemática com pouca exploração.

Em se tratando dos procedimentos, classificamos esta pesquisa enquanto estudo de caso, haja vista que buscamos perceber de que forma o conteúdo Números Quânticos tem sido acionado nos livros didáticos de química, bem como a relevância dada pelos professores desta área de conhecimento ao referido conteúdo. Para Silveira e Córdova

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

(2009) e Gil (2018), estudos de caso visam possibilitar ao pesquisador aprofundar-se em uma determinada situação, buscando compreender as causas e implicações de sua ocorrência e revelando-a da forma que a percebe.

Considerando isto, salientamos que a construção dos dados desta pesquisa se deu em dois momentos distintos, a saber: (1) análise quanto à presença do conteúdo didático Números Quânticos nos livros de química aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) no ano de 2021; e (2) percepção dos professores a respeito do conteúdo Números Quânticos e sua relevância para o ensino de Química.

Quanto ao primeiro momento, destacamos que as obras destinadas às análises foram escolhidas partindo do exposto no Guia Digital PNLD 2021¹ para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Como a pesquisa envolve a temática dos Números Quânticos, a qual se encontra vinculada às discussões quanto aos modelos atômicos, analisamos as 7 (sete) coleções selecionadas pelo PNLD 2021, bem como cada um dos volumes que as compõem a fim de selecionarmos aquelas obras que traziam discussões quanto à natureza e constituição dos átomos. Após esta seleção inicial, alcançamos 7 (sete) obras a serem analisadas, organizando-as no Quadro 5.

Quadro 05: Obras do PNLD 2021 selecionadas para a análise.

Livros didáticos (LD)	Referências dos Livros Didáticos
LD01	GODOY, L. AGNOLO, R. M. D. MELO, W. C. Ciências da Natureza: matéria, energia e vida. v. 1. São Paulo: FTD, 2020.
LD02	FUKUI, A. et. al. Ser Protagonista: composição e estrutura dos corpos. v.1. São Paulo: SM Educação, 2020.
LD03	LOPES, S.; ROSSO, S. Ciências da Natureza Lopes & Rosso Evolução e Universo. v.1. São Paulo: Moderna, 2020.
LD04	MORTIMER, E. F. et. al. Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar - origens: o universo, a terra e a vida. v. 1. São Paulo: Scipione, 2020.

¹ Disponível em: https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/componente-curricular/pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

LD05	LEITE, L. C. C. et. al. Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias : o conhecimento científico e as ciências da natureza. v. 1. São Paulo: Moderna, 2020.
LD06	FERRARO, A. C. N. S. et al. Diálogo Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Universo da ciência e a ciência do Universo . v. 1. São Paulo: Moderna, 2020.
LD07	ANTUNES, M. T. et al. Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias : matéria e energia. v. 1. São Paulo: Moderna, 2020.

Fonte: elaboração própria (2023).

Em se tratando do segundo momento da pesquisa, realizamos, junto a 17 professores de química de diferentes cidades do Estado da Paraíba, um questionário semiestruturado contendo 4 (quatro) questões abertas: (1) considera o conteúdo Números Quânticos relevante para o contexto da química? Por quê? (2) de que forma você costuma abordar em suas aulas o referido conteúdo didático? (3) acredita que a presença deste conteúdo em livros didáticos é essencial para estudantes e professores/as? (4) como você compreende a pouca abordagem dada nos livros didáticos atuais quanto ao conteúdo Números Quânticos? Tal momento foi desenvolvido por meio da criação de um formulário na ferramenta Google Forms e posterior divulgação entre os participantes.

Como forma de preservar as identidades dos professores participantes e organizar os dados obtidos, faremos uso das siglas PR + número de identificação, por exemplo, PR1, PR2, PR3... PR17.

Análise dos dados

Em atenção aos instrumentos e etapas acionadas para a construção de dados, esta pesquisa recorre à análise do conteúdo como caminho metodológico para analisar os resultados alcançados. Conforme Bardin (2011, p. 42), a análise do conteúdo se apresenta como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

A análise do conteúdo, no intuito de possibilitar leituras múltiplas quanto ao *corpus* em análise, deve ser desenvolvida conforme os direcionamentos apresentados pela autora, a partir de três etapas principais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados (BARDIN, 2011).

A fase de pré-análise é destinada à definição, organização e formulação de hipóteses quanto ao material a ser analisado. Concomitante a isto, dá-se a etapa de exploração do material, na qual ocorre a codificação dos dados, bem como o estabelecimento das categorias de análise a partir da organização do material em unidades de sentido. Por fim, na fase de tratamento dos resultados, realizamos a interpretação dos agrupamentos estabelecidos, destacando as compreensões emergidas (BARDIN, 2011).

Em atenção a isto, realizamos, na pré-análise, a leitura dos materiais selecionados para compor esta pesquisa: livros didáticos e questionários dos professores. Buscamos neste primeiro momento identificar as primeiras unidades de sentido. Na etapa de exploração do material, realizamos a codificação, como também a organização dos dados em categorias analíticas, definindo inclusive a abrangência da análise. Tal processo nos levou à construção de duas categorias analíticas, a saber: (I) Números Quânticos nos livros didáticos: presença essencial ou facultativa? (II) O que dizem os professores sobre os Números Quânticos? No que concerne ao tratamento dos resultados, exploramos as categorias analíticas estabelecidas a fim de comunicar as interpretações surgidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Números Quânticos nos livros didáticos: presença essencial ou facultativa?

De modo a compreendermos se/como os NQs têm sido acionados pelos livros didáticos de química do ensino médio, empreendemos uma busca nas obras selecionadas pelo PNLD 2021. O Quadro 6 reúne os resultados preliminares desta análise.

Quadro 6: Presença dos NQs em livros didáticos do PNLD 2021.

Livro didático	Número Quântico Principal (n)	Número quântico Secundário (I)	Número quântico	Número quântico de Spin (S)
----------------	-------------------------------	--------------------------------	-----------------	-----------------------------

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

			Magnético (ml)	
LD01				
LD02				X
LD03				
LD04	X	X	X	X
LD05				
LD06				
LD07				

Fonte: elaboração própria (2023).

Conforme os dados expostos, apenas o LD04 apresenta discussões acerca de todos os NQs. O LD02 tece considerações em relação ao Número quântico de Spin (S). As demais obras analisadas não citam os NQs, tampouco enfatizam a vinculação deste conteúdo didático a outros, como modelos atômicos e distribuição eletrônica. Considerando o objetivo desta pesquisa, iremos nos ater aos livros didáticos LD02 e LD04, tendo em vista que os demais optaram pela retirada total do conteúdo didático de interesse.

Em se tratando de LD02, o número quântico de spin é inicialmente apresentado como um conhecimento ligado à física quântica, sendo definido como “propriedade intrínseca do elétron, a qual não pode ser explicada por uma rotação dele.” (FUKUI et. al. 2020, p. 46). A obra enfatiza que, inicialmente, este conceito era tomado classicamente enquanto o giro do elétron, o qual pode ocorrer tanto no sentido horário quanto anti-horário, originando campos magnéticos em sentidos opostos. O experimento que conduziu os cientistas a proporem a existência de tal número foi apresentado a partir de um esquema simples, sendo enfatizadas as confrontações que surgiram entre a física clássica e a mecânica quântica.

Em atenção às discussões tecidas na obra, observamos que a abordagem do número quântico de spin é feita de modo reduzido, ocupando apenas uma página. Não há apresentação dos cientistas envolvidos no experimento proposto, tampouco dos demais

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

NQs. Os valores associados ao spin ($+1/2$ e $-1/2$) também não são discutidos nem apresentados. Ademais, concordamos, junto a Castro (2015), que é preciso ter atenção em relação à analogia do spin enquanto o giro do elétron em seu eixo, afinal, tal interpretação pode causar mau entendimento dos estudantes, tendo em vista que estes reconhecem a natureza submicroscópica dos elétrons e podem não compreender eficazmente que este giro é algo que não pode ser visto a olho nu ou por intermédio de qualquer equipamento tecnológico. Mesmo enfatizando que o spin não pode ser visto enquanto um simples giro, a obra reforça tal narrativa a partir de uma imagem que retrata essa analogia.

Complementando as observações feitas, não reconhecemos, no LD02, a vinculação do conceito de spin a qualquer fenômeno cotidiano aos estudantes, de modo que sua apresentação em sala de aula tende a ser feita de modo meramente operacional, reforçando a descontextualização e complexidade do conteúdo didático.

Em relação ao LD04, observamos que a apresentação dos NQs é feita após discussões quanto ao modelo atômico de Bohr, enfatizando a relevância dos conceitos da física quântica para o entendimento das inconsistências desta teoria atômica. O capítulo voltado a este conteúdo inicia-se enfatizando que o estudo das propriedades quânticas da matéria “impulsionou o desenvolvimento de diversas tecnologias, como os processadores, empregados em dispositivos eletrônicos que utilizamos diariamente, impactando os meios de comunicação e de locomoção, a Medicina etc.” (MORTIMER et. al. 2020, p. 46).

Há, na obra, um esforço em apresentar a importância da teoria quântica em fenômenos e tecnologias conhecidas atualmente. Ademais, a partir de um texto informativo no início do capítulo, o LD04 tece críticas em relação à tomada do termo “quântico” com um teor místico e exotérico, tendo vinculação com as expressões “energia quântica” e “teorias quânticas”. Os autores enfatizam que o não conhecimento dos conceitos ligados à teoria quântica não pode servir de justificativa para interpretações simplistas e fraudulentas, haja vista que esta tomada mística da física quântica nada tem a ver com as buscas empreendidas e os resultados alcançados por esta área de

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

conhecimento. Os autores reforçam que “embora seja muito charmosa, ela não pode ser utilizada como justificativa para práticas que algumas vezes são muito duvidosas” (MORTIMER et. al. 2020, p. 114)

Conforme Souza e Miranda (2022), o termo “quântico” penetrou a cultura contemporânea, sendo acionado em diferentes processos e serviços nem sempre confiáveis e coerentes. O que se observa em tempos recentes é o fortalecimento de pseudociências que abusam de jargões científicos como justificativa para a venda de produtos. Esse uso incorreto da teoria quântica deve encontrar oposição no fortalecimento da educação científica, de modo que seja possível a população conhecer conceitos científicos ligados à teoria quântica, pois assim será possível a participação da sociedade em debates quanto à inserção da ciência e tecnologia no mundo contemporâneo.

Tecida tal discussão preambular, o LD04 segue apresentando aspectos relevantes para o contexto da física quântica, como equação de Schroedinger e A dualidade onda-partícula. O primeiro NQ apresentado é o Número quântico de Spin (S), tendo seus valores de $+1/2$ e $-1/2$ discutidos. Interessa salientar que a obra se preocupa com o uso da analogia “giro do elétron”, enfatizando que esta ideia não está de acordo com a teoria eletromagnética, afinal, “de fato, o spin é uma característica do mundo quântico, sem analogias com o mundo clássico em que vivemos” (MORTIMER et. al. 2020, p. 118). Os demais NQs têm seus valores apresentados, bem como seu surgimento destacado, evidenciando a relevância da equação de Schroedinger neste processo. Desenhos com cores vibrantes retratando os formatos dos orbitais s, p, d e f complementam as discussões.

Salientamos que o LD04 apresenta importante base teórica para a apresentação e discussão dos NQs no ensino médio, bem como traz apontamentos de possíveis debates que poderão ser conduzidos pelo professor, sobretudo no que se refere à tomada do termo quântico atualmente. O distanciamento com analogias, bem como a apresentação, mesmo que aligeirada, de algumas tecnologias possíveis a partir de conceitos da teoria quântica, possibilitam aos estudantes e professores melhores compreensões em relação ao conteúdo didático.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

O que dizem os professores sobre os Números Quânticos?

Considerando a pouca presença dos NQs nos livros didáticos analisados, buscamos compreender a relevância dada pelos professores para este conteúdo. Como forma de organizar os dados, apresentamos no Quadro 7 uma síntese das respostas alcançadas no questionário proposto.

Quadro 7: Respostas dos professores no questionário proposto.

Questões	Respostas dos professores	Frequência	Porcentagem
Considera o conteúdo Números Quânticos relevante para o contexto da química? Por quê?	Sim, é um conteúdo relevante	15	88%
	Não, sem relevância	02	12%
De que forma você costuma abordar em suas aulas o referido conteúdo didático?	Não aborda o conteúdo	03	18%
	Aulas expositivas e dialogadas	12	70%
	Retomada histórica do conteúdo	02	12%
Acredita que a presença deste conteúdo em livros didáticos é essencial para estudantes e professores/as?	Essencial para ambos	13	76%
	Essencial para os estudantes	02	12%
	Essencial para os professores	02	12%
Como você compreende a pouca abordagem dada nos livros didáticos atuais quanto ao conteúdo Números Quânticos?	Preocupante	14	82%
	Correta	03	18%

Fonte: elaboração própria (2023).

Em um primeiro momento, intentamos reconhecer se a abordagem dada a este conteúdo é relevante no contexto do ensino médio. Conforme apresentado, 88% dos professores consideram os NQs como conteúdo necessário no ensino de Química:

Sim, com este conteúdo, é possível explicar ligações químicas, hibridização, exceções do octeto, paramagnetismo, diamagnetismo e etc (PR6, 2023).

Sim, pois contribuem com a explicação dos níveis de energia dos elétrons a partir da aproximação com matemática. Em outras palavras, os números

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

quânticos têm importância e fundamental por conta da racionalidade da matemática, contribuindo para a construção do modelo atômico (PR11, 2023).

Sim. Como se trata de um conteúdo que envolve muita abstração, os números quânticos acabam trazendo uma perspectiva mais compreensível de uma possível localização do elétron (PR17, 2023).

Conforme as narrativas dos professores, observamos que a importância dada aos NQs está associada a sua vinculação com outros conteúdos didáticos, sobretudo no que diz respeito à distribuição eletrônica. Além disso, observamos que o referido conteúdo ganha destaque por estar envolto no contexto da teoria quântica, evidenciando a evolução dos conhecimentos científicos.

Segundo Rocha e Cabral Neto (2022) os conceitos envolvidos nos NQs apresentam-se como relevantes para a compreensão da natureza dos átomos e suas partículas subatômicas, servindo como arcabouço teórico para o entendimento de fenômenos observados, como emissão de luz e propriedades magnéticas. Sua presença nas aulas de química demanda a realização de uma retomada histórica que evidencie o surgimento e as implicações dos conhecimentos advindos da teoria quântica nos produtos e processos atuais, evidenciando a relevância da equação de Schroedinger para este debate.

Em aproximação com Castro (2015) compreendemos que, por demandar um considerável nível de abstração, conceitos vinculados à teoria quântica, como os NQs, ainda se apresentam timidamente em turmas do ensino médio, ora devido à ausência de discussões desta natureza nos materiais didáticos que desempenham a função de selecionar e validar conhecimentos, ora pelas lacunas deixadas na formação inicial de professores. Entendendo este contexto, reconhecemos nas narrativas de alguns participantes o entendimento de que os NQs são pouco relevantes para o contexto do ensino médio, sobretudo considerando que:

Química Geral, principalmente, na teoria atômica é muito subjetivo, muitas vezes de difícil compreensão visual do aluno, e o conteúdo de números quânticos, eleva mais essa subjetividade (PR1, 2023).

A maioria dos livros didáticos não apresenta mais esse conteúdo. Alguns professores não o acham que seja relevante para ser trabalhado no ensino médio (PR4, 2023).

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

Em atenção a estas narrativas, observamos em um primeiro momento o uso do termo “*subjetivo*” para designar o entendimento de aspectos ligados às teorias atômicas. Considerando o contexto em que se deu tal palavra, compreendemos que esta foi usada como sinônimo de abstração, visto que é complementada pela descrição “*de difícil compreensão visual do aluno*”. Assim, a pouca relevância dada pelo professor PR1 aos NQs se dá por seu nível de complexidade e abstração. No que se refere ao PR4, compreendemos uma vinculação entre a relevância de um conteúdo e sua presença nos livros didáticos, de modo que se alguma discussão não está presente neste recurso pedagógico, ela não é suficientemente relevante.

Em se tratando da abstração dos NQs, Rocha e Cabral Neto (2022) sinalizam que este contexto se dá, sobretudo, em relação às metodologias assumidas para o ensino deste conteúdo didático, as quais tendem a reforçá-lo enquanto um conhecimento desconectado, distante dos processos e fenômenos observados cotidianamente, interpretando os NQs enquanto números puramente matemáticos. Nesse sentido, Castro (2015) salienta em seu estudo que a complexidade e abstração dos NQs existem e não podem ser desconsideradas, contudo, é preciso destacar que o desenvolvimento de uma abordagem de ensino mais contextualizada, na qual haja vinculação com alguns fenômenos, como as cores dos fogos de artifício, propriedades magnéticas e espectro do átomo de hidrogênio, pode contribuir para um melhor entendimento dos estudantes.

Quanto à tomada do livro didático enquanto recurso didático regulador de conteúdos a serem ensinados, reconhecemos a partir de Pessoa (2009) que é preciso problematizar esse apego exacerbado em relação a este instrumento, de modo que não seja ele a determinar o programa assumido pelo professor para a disciplina, tampouco a validade dos conteúdos didáticos. Nesse sentido, acreditamos, junto a Rosa (2018), que a tomada do livro didático enquanto recurso pedagógico não pode ser feita distante de processos de avaliação do professor, afinal, é este profissional que melhor compreende o contexto específico e real no qual desenvolve suas práticas educativas, assim como as necessidades de aprendizagem de seus estudantes.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

Caminhando nestas trilhas e em atenção à relevância dada aos NQs, questionamos os professores sobre as formas pelas quais têm acionado o referido conteúdo em suas aulas de química. Entre as respostas alcançadas, 82% afirmaram que abordam o conteúdo, sobretudo a partir de aulas expositivas e dialogadas.

Na verdade, em livros mais recentes esse conteúdo é pouco explorado e com o novo ensino médio, não há espaço para esse conteúdo (PR1, 2023).

O livro adotado por mim não traz esse conteúdo e não está na prova do Enem. Já trabalhei de maneira expositiva no quadro negro (PR3, 2023).

De forma simplificada, apenas acompanhando o livro didático (PR5, 2023).

Iniciamos com histórico, depois desenvolvimento do número quântico principal a partir do Bohr e finalmente o modelo orbital com os números quânticos secundário e terciário, porém ainda há muita dúvida acerca do valor do spin do elétron se $+1/2$ ou $-1/2$. Para cima? Para baixo? (PR7, 2023).

Nas narrativas dos professores participantes, vemos acionados dois enunciados quanto ao ensino dos NQs: (1) falta de tempo para a abordagem do conteúdo; (2) abordagem a partir de aulas expositivas. No que concerne ao primeiro ponto, observamos o surgimento da narrativa “*com o novo ensino médio, não há espaço para esse conteúdo*”, evidenciando que as recentes políticas educacionais adotadas acabam por redimensionar o tempo destinado aos conteúdos didáticos. Conforme Ramos e Sales (2021), a promulgação do chamado Novo Ensino Médio, fundamentado nos preceitos da Base Nacional Curricular (BNCC), pressupõe uma articulação entre as disciplinas de Química, Biologia e Física, de modo a garantir a presença da grande área Ciências da Natureza. Nesse sentido, reconhecemos, a partir de Branco e Zanatta (2021), que as mudanças curriculares ocorridas geram negociações nem sempre fáceis e justas, impactando as distintas áreas de conhecimento. No contexto da química, o recente cenário curricular reduziu a carga horária específica desta área, fato que gera redução e/ou eliminação de conteúdos didáticos específicos, como os NQs. Como nos conta Ramos e Sales (2021), este contexto se apresenta como um dos principais pontos de discussão em relação às recentes exigências curriculares.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

Caminhando nestas trilhas, em um segundo momento, observamos que as narrativas dos professores reforçam as aulas expositivas enquanto principal metodologia para o ensino dos NQs. Nenhum relato feito salienta uma vinculação do conteúdo a fenômenos cotidianos, contudo, observamos em PR7 uma exploração quanto a aspectos históricos da teoria quântica Segundo Rocha e Cabral Neto (2022) a apresentação dos NQs deve encontrar-se distante de um ensino puramente “memorístico”, tendo em vista que esta abordagem só reforça a visão abstrata e complexa vinculada a este conteúdo. Dedicar-se a apresentação de aspectos históricos, vinculando os saberes quânticos a processos observados cotidianamente, pode garantir aos estudantes melhores aproximações com o conteúdo.

Considerando a relevância dada ao livro didático enquanto um dos principais recursos pedagógicos utilizados, questionamos os professores se estes consideram essencial a presença de discussões quanto aos Números Quânticos em livros didáticos de química. As respostas alcançadas demonstraram que 76% entendem que tal presença é relevante tanto para professores quanto para estudantes.

Por demais importante visto que faz parte da evolução, e fonte de conhecimento para entender hibridização, entre outros tópicos importantes (PR6, 2023).

Bem mais para os professores, pois é um conteúdo pouco apresentado nos cursos de formação inicial (PR11, 2023).

Para professores, sim. Para alunos do ensino médio, não (PR12, 2023).

Não. Como já falei acima, poucos livros trazem a abordagem desse conteúdo atualmente (PR4, 2023).

Em atenção às narrativas apresentadas, reconhecemos como fortalecida a visão dos professores quanto à importância dos NQs. Interessa destacar as narrativas de PR11 e PR12, os quais salientam que a presença deste conteúdo é relevante para o professor, considerando as lacunas existentes nos cursos de formação inicial em relação à teoria quântica. Reforçando tal percepção, Costa e Schappo (2021) salientam que a inexistência de discussões acerca de conceitos próprios da teoria quântica na formação de professores de química ainda se apresenta como um dos principais motivos pelos quais tais

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

conhecimentos não são acionados no ensino médio, tendo em vista que os profissionais que não se envolveram em discussões deste tipo durante suas formações não se sentirão suficientemente seguros para abordá-las em suas salas de aula.

Adensando tal discussão, Rocha (2021) sinaliza que esse contexto de distanciamento entre os conceitos da teoria quântica e a formação inicial reforça a manutenção de metodologias de ensino tradicionais, voltadas à memorização e reprodução de saberes, impedindo os professores de vislumbrarem outras possibilidades metodológicas que promovam a vinculação dos conteúdos da física quântica a aspectos do cotidiano.

Seguindo por estas trilhas, bem como em atenção às análises realizadas, reconhecemos que o conteúdo Números Quânticos tem sido pouco acionado nos livros didáticos da área de química. Entendendo tal contexto, buscamos compreender qual a opinião de professores acerca desta exclusão. As respostas alcançadas evidenciaram que 82% acreditam que a inexistência do conteúdo é preocupante, indicando uma falha no material didático. Os demais concordam que não há motivos relevantes que justifiquem discussões acerca dos NQs.

Em primeiro lugar, pode estar relacionado à preferência do autor do livro em que o mesmo pode considerar mais importante o diagrama de Linus Pauling. Em segundo lugar pode estar relacionado a dificuldade de compreensão conceitual sobre o tema por parte dos alunos. E finalmente o conteúdo pode ser considerado pelas editoras como não essencial sendo apenas um tópico complementar sobre a estrutura atômica (PR4, 2023).

Uma falha, mas não existe livro didático perfeito, o professor organiza seus conteúdos de acordo com a turma (PR10, 2023).

Acredito que por ser um conteúdo de entendimento bem abstrato fica difícil de ser abordado como deveria (PR9, 2023).

É difícil, por isso importante buscar literaturas mais antigas que abordam o conteúdo (PR17, 2023).

Em atenção às narrativas apresentadas, observamos em PR10 e PR17 a necessidade de se compreender que o livro didático, enquanto recurso pedagógico, também apresenta falhas que devem ser consideradas, tendo em vista que não há material que consiga

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

explorar toda a complexidade existente nos conhecimentos químicos. Assim, cabe ao professor avaliar quais as potencialidades e limitações do livro em uso, ponderando as abordagens de cada conteúdo e buscando, quando necessário, a complementação com outros materiais.

No que diz respeito às narrativas de PR9 e PR4, compreendemos que esta ausência dos NQs nos livros didáticos pode ter seu surgimento vinculado à complexidade do tema em questão, exigindo a exploração de conceitos da física quântica nem sempre vistos enquanto essenciais para o contexto do ensino médio. Embora reconheçamos a relevância dos NQs para o entendimento atual da estrutura atômica, consideramos, a partir de autores como Silva e Chagas (2017), que o ensino deste conteúdo e de outros aspectos da teoria quântica exige profunda atenção à transposição didática, de modo que sejam minimizadas distorções conceituais entre o saber sábio e o saber ensinado, processo complexo, tendo em vista o nível de abstração. Assim, compreendemos a necessidade de se estabelecerem novos estudos e diálogos que apontem para a melhoria do ensino dos NQs em salas de aula de química, bem como sua abordagem em materiais didáticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Caminhar nesta pesquisa nos levou a vislumbrar a relevância dada aos NQs nas aulas e materiais voltados ao ensino de Química. Considerando as análises tecidas, retornamos a pergunta e objetivo desta pesquisa, de modo a materializarmos considerações e indicações.

Em um primeiro momento, atemo-nos à análise dos NQs nos livros didáticos do PNLD 2021, movimento que evidenciou a pouca presença deste conteúdo nos materiais didáticos atuais. Esse distanciamento tende a projetar este conteúdo como irrelevante para o contexto do ensino de Química, fato que desconsidera as potencialidades deste para o entendimento atual do átomo, assim como distancia os estudantes de conceitos importantes da teoria quântica. Caminhando por estas trilhas, buscamos conhecer a opinião dos professores quanto à relevância, presença em livros didáticos e formas de abordagem dos NQs. A busca empreendida nos evidenciou que, apesar de pontuarem a

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

relevância deste conteúdo, ainda persiste entre os professores um ensino descontextualizado, realizado, sobretudo por meio de aulas expositivas e dialogadas.

O fortalecimento deste cenário justifica a visão de diferentes autores que consideram positiva a retirada dos NQs no ensino médio, tendo em vista a abordagem desconexa e meramente expositiva, bem como a complexidade da transposição didática exigida para este conteúdo. Assim, apesar de nos situarmos enquanto favoráveis à inserção de aspectos da teoria quântica em salas de aula de química, reconhecemos a existência de estudos contrários a esta posição, evidenciando a necessidade de constantes diálogos e abrindo espaço para outras pesquisas que possam refletir a relevância dos NQs no ensino médio.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, M. T. et al. **Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e energia**. v. 1. São Paulo: Moderna, 2020.
- ATKINS, P. W.; BERAN, J.A. **General Chemistry**, 2^a ed. Scientific American Library: New York, 1992.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70 Brasil, 2011.
- BRANCO, E.; ZANATTA, S. BNCC e Reforma do Ensino Médio: implicações no ensino de Ciências e na formação do professor. **Revista Insignare Scientia**, São Pedro v. 4, n. 3, 2021.
- CASTRO, T. S. **Números Quânticos: abordagens desconexas que favorecem a memorização**. 2015. 116 f. Monografia (Ensino de Química) – Instituto de Química da Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- COSTA, D. G. S.; SCHAPPO, M. G. Mecânica Quântica no Ensino de Química: Comparação entre Tópicos do Livro Didático e de Formação de Professores. **Exatas Online**, Bahia, v. 12, n. 2, 2021.
- FERRARO, A. C. N. S. et al. **Diálogo Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Universo da ciência e a ciência do Universo**. v. 1. São Paulo: Moderna, 2020.
- FUKUI, A. et. al. **Ser Protagonista: composição e estrutura dos corpos**. v.1. São Paulo: SM Educação, 2020.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- GODOY, L. AGNOLO, R. M. D. MELO, W. C. **Ciências da Natureza: matéria, energia e vida**. v. 1. São Paulo: FTD, 2020.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, R. E. Uma Proposta para o Ensino de Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n 4, 2001.
- HUHEEY, J. E.; KEITER, E. A.; KEITER, R. L. **Inorganic Chemistry – Principles of Structure and Reactivity**. 4^a ed. Harper Collins College Publishers: New York, 1993.
- LEITE, L. C. C. et. al. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: o conhecimento científico e as ciências da natureza**. v. 1. São Paulo: Moderna, 2020.
- LOPES, S.; ROSSO, S. **Ciências da Natureza Lopes & Rosso Evolução e Universo**. v.1. São Paulo: Moderna, 2020.
- MORTIMER, E. F. et. al. **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar - origens: o universo, a terra e a vida**. v. 1. São Paulo: Scipione, 2020.
- PESSOA, R. C. O livro didático na perspectiva da formação de professores. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, Campinas, v. 48, n. 1, 2009.
- RAMOS, C. A. C. L.; SALES, E. S. A repercussão da reforma do ensino médio na concepção de professores de química. **Scientia Naturalis**, Acre, v. 3, n. 2, 2021.
- ROCHA, A. C. **Ensinando Números Quânticos usando gamificação**. 2021. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ensino Tecnológico) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2021.
- ROCHA, A. C.; CABRAL NETO, J. S. Aprendizagem baseada em jogo: ensino de Números Quânticos. **Revista Ciência & Ideias**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, 2022.
- ROSA, M. A. O livro didático, o currículo e a atividade dos professores de Ciências do Ensino Fundamental. **Revista Insignare Scientia**, São Pedro, v. 1, n. 1, 2018.
- SILVA, G. R.; CHAGAS, E. Transposição didática: uma análise do distanciamento dos saberes de Química Quântica nos livros didáticos do ensino médio. **HOLOS**, São Pedro, v. 7, 2017.
- SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. **A pesquisa Científica**. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023

SOUZA, R. S.; MIRANDA, S. B. Investigações sobre as possibilidades de reconhecer apropriações indevidas da Mecânica Quântica: o papel da divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 44, 2022.

Recebido em: 16/05/2023

Aceito em: 19/11/2023