

**INSTITUTO
FEDERAL**
Paraíba

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS SOUSA
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MÁRCIA DOS ANJOS GOMES

**ANÁLISE DA ABORDAGEM DO TEMA NANOCIÊNCIA E NANOTENOLOGIA
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO**

SOUSA/PB

2023

MÁRCIA DOS ANJOS GOMES

**ANÁLISE DA ABORDAGEM DO TEMA NANOCIÊNCIA E NANOTENOLOGIA
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à Coordenação do Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal da Paraíba – Campus Sousa, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Me. José Aurino Arruda Campos Filho

SOUSA/PB

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Milena Beatriz Lira Dias da Silva - Bibliotecária CRB 15/964

G633a Gomes, Márcia dos Anjos.
Análise da abordagem do tema nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos do ensino médio / Márcia dos Anjos Gomes, 2023.

47 p.: il.

Orientador: Prof. Me. José Aurino Arruda Campos Filho.
TCC (Licenciatura em Química) - IFPB, 2023.

1. Livros didáticos de química. 2. Didática - ensino médio.
3. Discente. 4. PNLDEM. 5. Ensino de ciências. I. Título. II.
Campos Filho, José Aurino Arruda.

IFPB Sousa / BC

CDU 54:37

ATA 32/2023 - CCSLQ/DES/DDE/DG/SS/REITORIA/IFPB

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Análise da Abordagem do Tema Nanociência e Nanotecnologia nos Livros Didáticos do Ensino Médio

Autor(a): Márcia dos Anjos Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 21/03/2023.

Prof. Me. José Aurino Arruda Campos Filho

IFPB – Campus Sousa / Professor Orientador

Profa. Dra. Gicélia Moreira

IFPB – Campus Sousa / Examinadora 1

Prof. Dr. João Batista Moura de Resende Filho

IFPB – Campus Sousa / Examinador 2

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Aurino Arruda Campos Filho**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/03/2023 18:00:31.
- **Gicelia Moreira**, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 21/03/2023 18:01:57.
- **Joao Batista Moura de Resende Filho**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/03/2023 19:36:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 406225
Verificador: 71c835eb54
Código de Autenticação:



A Deus, por ser essencial em minha vida, aos meus pais Maria da Conceição Gomes de Sousa e Antônio dos Anjos de Sousa e ao meu marido João Antônio Siqueira Santana que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos amigos Aline Vanara Maciel Soares, Brígida de Cássia Gomes Alves e Guilherme Angelo Moreira Bernardo pelo incentivo e grande ajuda com o fornecimento de material para a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu Orientador e Prof. Me. José Aurino Arruda Campos Filho por ter aceitado acompanhar-me neste projeto.

Aos professores do curso de Licenciatura em Química – IFPB – Campus Sousa que me forneceram todas as bases necessárias para a realização deste trabalho, agradeço com profunda admiração pelo vosso profissionalismo.

RESUMO

Com o avanço tecnológico surgiram diversos ramos da ciência que passaram a fazer parte do dia a dia da sociedade em geral, das quais podemos mencionar, a temática de Nanotecnologia e Nanociência (NeN). No que tange à educação básica, a abordagem de tais conteúdos caracteriza-se como de fundamental importância no dia a dia escolar, sendo citada nos documentos educacionais do país há mais de vinte anos. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise em seis coleções de livros didáticos de química aprovados no PNLDEM – 2018, acerca de como é abordado o tema de nanociência e nanotecnologia, e de como essa abordagem contribui para o ensino de química mais contextualizado. Para tanto, optou-se por realizar uma pesquisa exploratória, de natureza básica e abordagem qualitativa, utilizando a pesquisa bibliográfica como procedimento técnico. Através da pesquisa, foi possível observar que apesar da nanotecnologia e a nanociência estarem presentes no dia a dia de toda a sociedade, na palma da mão de um aluno quando usa o celular, não são temas comumente abordados nos livros didáticos analisados. Os resultados obtidos se agravam ainda mais diante da importância do livro didático na vida escolar de alunos e professores, principalmente naquelas escolas que enfrentam dificuldades com materiais didáticos.

Palavras chaves: Nanotecnologia. Nanociência. Livro didático. Ensino Médio. Alunos.

ABSTRACT

With the advancement technology have emerged different branches of science that passed to do part of day-by-day society in general, of which we might mention, the theme Nanotechnology and Nanoscience (NeN). Regarding the education basic, the approach of such content it is characterized as fundamental importance in school daily, being cited in the education document of country for more than twenty years. In these directions, the objective of this work is to perform an analysis in six collections of Chemistry textbooks accepted in PNLDEM – 2018, about as is approached the theme of nanoscience and nanotechnology, and of as this approach contributed for teaching chemistry more contextualized. For this purpose, it was decided to conduct exploratory research, of basic nature and qualitative approach, using the bibliographic research as technical procedure. Through of the research, it was possible observed that despite the nanotechnology and nanoscience being present daily in whole society, at your fingertips in a student when use the cell phone, are not topics commonly approached in the analyzed textbooks. The results obtained are even worse given the importance of the textbook in school life of students and teachers, mainly in those schools' facing difficulties with didactic materials.

Keys words: Nanotechnology. Nanoscience; textbook. High School. Students.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 –** BOXE “Curiosidades” sobre a Nanotecnologia..... 33
- Figura 2 –** A) Instrumento permite obter imagens completas da vascularização de tumores, utilizando nanopartículas para combater o câncer. B) Cientistas japoneses desenvolveram um tipo de tecido autolimpante, que repele líquidos e pode até matar bactérias que causam o mau cheiro..... 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Informações dos livros didáticos (PNLDEM 2018) a serem analisados.....	28
Tabela 2 –	Análise da existência dos termos “Nanociência” e “Nanotecnologia” nas coleções selecionadas.....	29

LISTA DE SIGLAS

CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
FNDE	Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação
INLD	Instituto Nacional do Livro Didático
LD	Livro didático
LDB	Leis de Diretrizes e Bases
LDs	Livros Didáticos
MEC	Ministério da Educação
NeN	Nanociência e nanotecnologia
OCNEM	Orientações curriculares nacionais para o ensino médio
PCNEM	Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio
PLIDEF	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Fundamental
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLDEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
TICs	Tecnologias da Comunicação e Informação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: DO CONCEITO ÀS APLICAÇÕES.....	15
2.1.1 A nanociência e nanotecnologia e a aplicação no nosso cotidiano	19
2.2 O LIVRO DIDÁTICO NO ÂMBITO ESCOLAR.....	21
2.2.1 O livro didático ao longo dos anos	23
3 OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4 METODOLOGIA	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

O avanço científico tecnológico que ocorreu de forma satisfatória ao longo dos anos tivera, e ainda têm, impactos diretos na vida do ser humano em diversos âmbitos. Assim, como pôde revolucionar a sociedade, os meios de comunicação, de transporte, de industrialização, a economia e a percepção de mundo, o avanço científico tecnológico impactou o sistema educacional e desencadeou o seu processo de evolução, cujo tempo de percurso ocorrera de forma bem mais lenta em relação ao tempo dos demais âmbitos da sociedade.

À medida que a educação evoluiu surgiu a necessidade de quebrar o paradigma de que estudar ciência é algo exclusivamente limitado às pesquisas laboratoriais, cuja complexidade exige uma dedicação demasiada para a compreensão. Com isso, foi possível inferir que era preciso ensinar ciência de forma que o estudante possa compreender sua relação com as diversas áreas que o cercam, como por exemplo, como a economia, a sociedade em geral, e seus próprios aparelhos eletrônicos.

Essa perspectiva se enquadra na proposta de ensino de ciência a partir de uma abordagem denominada CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, na qual entende que o ensino de ciência deve ser realizado de forma integrada as demais áreas da vida do estudante. Ou seja, a proposta de ensino CTSA implica que a interpretação da ciência passe a ser interdisciplinar, de forma que estimule o pensamento crítico do sujeito, tanto para compreender as transformações ao seu redor como para compreender a ciência e as consequências sociais e ambientais (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2015).

Considerada como um dos grandes avanços no que tange ao desenvolvimento científico tecnológico, a temática de Nanotecnologia e Nanociência (NeN) torna-se cada vez mais vista como sendo de fundamental importância para a educação básica. Essa importância também é defendida por legislações educacionais do nosso país, a exemplo das Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) e Diretrizes Nacionais para a Educação Básica (BRASIL, 2013).

Tanto as Orientações Curriculares para o Ensino Médio como as Diretrizes Nacionais para a Educação Básica sugerem que o ensino na educação básica seja realizado de maneira a integrar conceitos e experiências voltados para os aspectos sociocientíficos de forma articulada com as disciplinas. Nesse sentido, os

documentos oficiais propõem que a educação disponibilizada para o estudante possa legitimar suas vivências no meio social que habita. É nesse contexto, que é proposta a abordagem do tema de nanotecnologia e nanociência a serem trabalhados de forma correlacionada com disciplinas de ciências da natureza e matemática na educação básica, dentre diversos outros temas propostos.

O professor, como uma figura importante no processo de ensino-aprendizagem, utiliza de diversos recursos didáticos durante suas aulas. O livro didático (LD) é considerado como um dos maiores auxiliares pedagógicos do trabalho do professor, o qual possui uma valorização quase que unânime no âmbito educacional, ainda que se considere a necessidade de modificá-lo em algum momento (LOPES, 2007).

Alguns pesquisadores discorrem acerca da grande importância que o livro didático tem nas escolas de rede pública, quando, muitas vezes, é o único recurso pedagógico disponibilizado para professores em sala de aula (AMARAL, 2006; SILVA *et al.*, 2019). Essas situações mudaram à medida que a tecnologia se torna mais acessível para toda a sociedade e novos recursos didáticos podem surgir, como por exemplo o uso de smartphones, plataformas digitais, dentre outros recursos. No entanto, o LD continua em uma evidência no âmbito escolar não mais como único recurso didático a ser utilizado nas aulas, mas como um dos recursos norteadores do processo de ensino-aprendizagem e de formação cidadã.

Considerado como um marco para a história do livro didático no Brasil, em 1985, através do decreto nº 91.542, foi instituído o Programa Nacional do Livro Didático – PNLD com o objetivo de distribuir livros didáticos para todos os estudantes matriculados em escolas de 1º grau da educação básica (ensino fundamental). Ou seja, o programa garantia que os estudantes devidamente matriculados na escola tivessem direito, da 1ª à 8ª série, a disponibilização de material didático gratuito para sua escolarização e formação cidadã.

No entanto, o PNLD não se restringiu apenas à distribuição de materiais didáticos para as escolas; o programa trouxe diversas mudanças no que se refere aos materiais didáticos. Foi a partir do PNLD que o professor pode participar diretamente na escolha e permanente avaliação dos livros a serem utilizados nas escolas, a reutilização do material didático com a finalidade de evitar sua escassez nas bancas e escolas, como também garantiu que os livros escolhidos pudessem ser utilizados nos anos subsequentes à sua distribuição (BRASIL, 1985).

Com o objetivo de promover a universalização do livro didático e de amparar os estudantes do ensino médio da mesma forma que ocorrem com os estudantes do ensino fundamental, o governo brasileiro instituiu em 2004 o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLDEM. De acordo com o MEC, o PNLDEM beneficiou em seu primeiro teste experimental cerca de 1,3 milhão de estudantes matriculados em menos de 6 mil escolas das regiões norte e nordeste do país (MEC, 2022).

Se considerarmos o avanço da educação básica brasileira nos últimos 20 anos não mencionar os programas de distribuições de livros didáticos, assim como outros programas e, até mesmo, a tecnologia que se perpetua cada vez mais na vida de todos. Nessa perspectiva, o LD ainda é compreendido como um elemento importante nas salas de aulas, uma vez que esses livros devem atender as recomendações estabelecidas nas legislações educacionais.

Nesse sentido, Martins e Eicheler (2020) discorrem que embora o LD siga como recurso pedagógico de suma importância na educação básica, configura-se como um objeto de estudo que apresenta certa complexidade e, que em decorrência, torna-se necessário a existência de discussões contínuas para o seu aperfeiçoamento. Assim, compreendemos que não é suficiente apenas a disponibilidade de materiais didáticos gratuitos para os estudantes, importa que tais materiais tenham bastante foco nas discussões educacionais para que sejam aperfeiçoados para a realidade da sociedade e, conseqüentemente, dos estudantes.

É importante que o LD se adeque as mudanças que ocorre no meio social, educacional, científico e tecnológico para que possa oferecer aos estudantes o subsídio para uma compreensão de fenômenos e construção do conhecimento. Diante disso, o presente trabalho parte da seguinte problemática: Como os livros didáticos abordam a temática de nanociência e nanotecnologia no ensino médio?

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho consiste em realizar uma análise em livros didáticos de química aprovados no PNLDEM – 2018, acerca de como é abordado o tema de NeN, e de como essa abordagem contribui para o ensino de química mais contextualizado. Para tanto, espera-se realizar um breve levantamento bibliográfico acerca do percurso do LD na educação básica brasileira de acordo com as legislações, bem como abordar a evolução da temática de NeN e seus principais conceitos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem grande impacto na sociedade em geral. Um exemplo elucidativo disso temos a evolução na área da saúde, com a descoberta de vacinas para combater a pandemia do SARS-COV-2 (doença Covid-19), considerada a pior pandemia que assolou o mundo desde a gripe espanhola em 1917. Outro exemplo do indiscutível avanço da ciência refere-se à revolução no meio eletrônico e digital e, também no meio educacional.

No que se refere ao âmbito da educação, mais precisamente no ensino de ciências da natureza e matemática, os avanços científicos e tecnológicos abriram uma vasta gama de descobertas e oportunidades de conhecimento, impactando diretamente o processo educacional (TOMKELSKI *et al.*, 2019).

A Nanociência e a Nanotecnologia (NeN) emergem como áreas da ciência que estão cada vez mais presentes na vida das pessoas através das mais diversas áreas, como eletrônica, saúde, energia, meio ambiente, dentre outras. Nessa perspectiva, a crescente evidência em torno dessa área da ciência e tecnologia implica em buscar e compreender cada vez mais seus fundamentos e aplicações.

A partir disso, os documentos que orientam a educação básica apresentam mudanças com o objetivo de integrar cada vez mais uma abordagem CTSA nas escolas como forma de interdisciplinar o ensino. Nesse sentido, corroboramos com Tomkelski *et al.* (2019) quando enfatizam que, como já sugerido em tais documentos, é importante que o ensino básico possa abordar temáticas que se originam do desenvolvimento tecnológico, como a temática de Nanociência e Nanotecnologia.

No que tange à discussão escolar acerca do emprego da nanotecnologia e nanociência, Albuquerque, Guimarães e Silva Júnior (2020) enfatizam que tal ação pode gerar um interesse dos alunos em compreender mais acerca dessa área e suas aplicações, principalmente porque proporcionará inquietações para que os estudantes busquem, primeiramente, compreender o que é nanociência e nanotecnologia. Ainda de acordo com os autores:

Haja vista que, na literatura há uma inquietação sobre a produção de materiais na escala nanométrica ou atômica [...] levar tal discussão para os alunos do ensino médio, pois possuem curiosidade sobre a produção e aplicação desses nanomateriais. Em contrapartida, muito deles não sabem como esses nanomateriais funcionam ou como foram desenvolvidos.

Os autores acrescentam ainda que:

Assim, o estudo da história da Nanociência e Nanotecnologia (N&N) tem grande relevância na metodologia empregada pelo professor da educação básica, especificamente para o ensino médio, com o intuito de analisar o conhecimento científico adquirido por eles posteriormente (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES; SILVA JÚNIOR, 2020, p. 01).

Considerando o LD como um dos principais recursos pedagógicos da educação básica, e que deve atender as necessidades dos estudantes enquanto se formam no âmbito escolar, seja para seguir carreira acadêmica ou não, e no âmbito da cidadania, espera-se que esse material didático possa abordar os temas concernentes à ciência e tecnologia que são de indispensável colaboração para a sociedade. Dessa forma, faz-se necessário analisar como os LDs, do último PNLDEM 2018, abordam os temas de nanociência e nanotecnologia, e, principalmente analisar se realizam essa abordagem possibilitando uma contextualização com o meio em que o estudante está inserido.

2.1 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: DO CONCEITO ÀS APLICAÇÕES

Antes de procurar entender o que é a nanociência e a nanotecnologia é importante buscar compreender com o surgimento dessa área no meio científico e, posteriormente, no meio acadêmico e social. Embora a NeN possam parecer uma das áreas novas no âmbito científico, ocasionada ou evidenciada pela modernidade essa área já permeiam as discussões em todo mundo há mais de 50 anos, como será discutido a seguir.

Alguns autores discorrem que quando se discute sobre NeN, imediatamente correlacionam-na ao físico americano Richard Feynman (1918–1988) autor da palestra “Há mais espaço lá embaixo”, na qual o cientista descreve processos em que seriam possíveis manipular moléculas e átomos individualmente (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES; SILVA JÚNIOR, 2020; ANTUNES FILHO; BACKX, 2020; CARVALHO, 2008). Tal palestra é considerada como percussora das pesquisas envolvendo NeN em todo mundo, embora esses termos não tenham sido citados pelo Feynman na ocasião, surgindo no mundo científico décadas depois.

De acordo com Carvalho (2008), Feynman pôde despertar o interesse pela NeN através de sua palestra em 1959, na *American Physical Society*, pois apresentava a visão sobre:

o extraordinário mundo invisível das coisas de dimensões extremamente pequenas e sobre a possibilidade de se manipular e organizar coisas em escala atômica, ou seja, coisas com medidas na ordem de 1 Angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Assim, essa palestra foi considerada por muitos cientistas o embrião na nanociência (CARVALHO, 2008, p. 50).

No entanto, Fernandes e Filgueiras (2008) discutem sobre como a visão e o entendimento de Feynman sobre a nanotecnologia pode ser compreendido como uma visão errônea ou simplista nos dias atuais. De acordo com os autores:

pode-se suspeitar de que Feynman não seria um precursor da nanotecnologia, pelo menos não como ela é entendida hoje. Alguns trechos do discurso de 1959 transmitem a impressão de que tudo seria uma questão de reduzir a escala, mas a nanotecnologia é muito mais do que diminuir o tamanho - ela é, sobretudo, explorar os fenômenos e as propriedades que a matéria apresenta na nanoescala (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008, p. 2206).

Embora seja considerado o pai da nanotecnologia, Feynman não foi o pioneiro em pesquisas que consideravam a manipulação de moléculas e átomos. De acordo com Albuquerque, Guimarães e Silva Júnior (2020), pode-se encontrar relatos de discussões acerca de nanomateriais desde 1908 quando o então ganhador do Prêmio Nobel de medicina, o biólogo Paul Ehrlich (1854–1915), apresentou à comunidade científica seu trabalho intitulado de “Medicamentos que afetam diretamente células não saudáveis”.

Em 1956, o físico alemão Arthur R. Von Hippel (1898–2003) publicou um trabalho intitulado de “Engenharia Molecular”, no qual discutira a ideia de construir materiais a partir de átomos e moléculas (SCHULZ, 2013). Outro exemplo importante a ser citado, é o trabalho do físico americano Jack Kilby (1923–2005), considerado o pai da microeletrônica, cujo trabalho resultou na criação de circuito elétrico integrado e que já apresentavam ideias acerca da fabricação de materiais (como capacitores e resistores) em pequenos pedaços de silicone (SCHULZ, 2013).

Nesse contexto, é importante destacar que o termo “Nanotecnologia” só veio a surgir no ano de 1974, quando o professor Norio Taniguchi publicou em uma conferência o artigo “*On the Basic Concept of Nanotechnology*” (O conceito básico da

nanotecnologia), no qual define a como sendo majoritariamente no processo de separação, consolidação e deformação de materiais por um átomo ou por uma molécula (EDWARDS, 2006). Entretanto, esse termo só ganhou popularidade a partir da década de 1980, mais precisamente no ano de 1986, quando o engenheiro americano Eric Drexler publicou o livro “*Engines of criation*” (Motores da Criação) que discorre sobre a construção de equipamentos a partir de máquinas em escala nanométrica (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES; SILVA JÚNIOR, 2020).

Segundo enfatiza Carvalho (2008), Eric Drexler foi considerado em 1990 como o mago da nanotecnologia, formado em engenharia e nanotecnólogo pelo *Massachusetts Institute of Technology* – MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts). Ele foi a primeira pessoa no mundo a receber o título de doutor em nanotecnologia, no ano de 1991. De acordo com o autor:

esse visionário partiu da concepção de que os átomos são capazes de se auto organizarem em arranjos cristalinos, obviamente se algumas condições forem satisfeitas. Um excelente exemplo disso são os fulerenos e os tubos de carbonos, ambas as estruturas nanométricas de carbono. Outra impressionante forma de auto organização é o DNA (ácido desoxirribonucleico), que serve de ponto de partida para o desenvolvimento da eletrônica molécula (SCHULS, 2007 *apud* CARVALHO, 2008, p. 51).

Uma vez que foi possível trilhar um breve histórico sobre as discussões acerca da NeN relatadas na literatura, torna-se viável discutir acerca de sua definição. Etimologicamente, o termo nano vem do grego *nannos* e significa anão. Cientificamente, o termo nano refere-se a uma ordem de grandeza e representa o nanômetro (nm), que é a bilionésima parte do metro. Ou seja, trata-se de uma unidade de medida considerada mais do que minúscula, e sim microscópica.

De acordo com Antunes Filho e Backx (2020), um bom exemplo para se compreender um objeto na nanoescala imaginarmos a desproporcionalidade de uma bola de futebol, como uma nanopartícula, em relação ao planeta terra. Em termos numéricos, para uma partícula se enquadrar na nanoescala, passando a ser chamada de nanopartícula, necessita ter o tamanho de aproximadamente 1 a 100 nm (ISO, 2019). Acerca das dimensões das nanopartículas, Roco (2002) exemplifica:

Uma molécula de água é de cerca de 1 nm de tamanho, um nanotubo de parede simples é de cerca de 1,2 nm de diâmetro[...]. Moléculas de DNA são cerca de 2,5 nm de largura, uma típica proteína é entre 1 e 20 nm, e um motor bioquímico ATP encontrados em células vivas é cerca de 10 nm de diâmetro (ROCO, 2002, p. 02).

Na literatura, existem algumas definições para os termos Nanociência e Nanotecnologia (NeN). De maneira geral, Carvalho (2008) define NeN como sendo a ciência e tecnologia que se desenvolve na nanoescala, mais precisamente o autor define que:

Especificamente a nanociência é o estudo dos fenômenos e da manipulação dos materiais na escala atômica, molecular e supramolecular, onde propriedades são diferentes de quando estão em escala normal. Nanotecnologia são as técnicas voltadas para aplicação, caracterização, produção de estruturas, equipamentos e sistemas através do controle da forma e do tamanho em escala nanométrica (CARVALHO, 2008, p. 4).

Tal definição corrobora com Antunes Filho e Backx (2020) quando os autores definem que, de maneira simplista, nanotecnologia como uma tecnologia que busca compreender um determinado sistema que esteja em uma nanoescala com o objetivo de “criar estruturas com uma organização diferenciada capaz de apresentar comportamentos e propriedades diferentes dos materiais comumente conhecidos” (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020, p. 2)

Lêdo (2006) ao discutir acerca da NeN define os termos como sendo o estudo e aplicação de tecnologias que envolvem objetivos com dimensões físicas menores, da ordem, de dezenas de nanômetros. Bassoto (2011), conceitua nanotecnologia como sendo toda a tecnologia utilizada para manipular moléculas ou átomos na nanoescala, enquanto que a nanociência refere-se ao estudo da nanotecnologia, sendo a produção científica nas mais variadas áreas do conhecimento.

Importantes órgãos científicos do mundo apresentam suas definições para a NeN. A *Royal Society & Royal Academy of Engineering* define a nanociência como sendo os estudos das manipulações de determinados materiais em níveis atômicos, moleculares, ou macromolecular, nas quais suas propriedades nessa escala destoam das suas propriedades em uma escala maior (RSRAE, 2004).

A *U.S National Nanotechnology Initiative* (NNI) define a nanotecnologia como sendo a capacidade de se estudar e manipular materiais com dimensões entre 1 e 100 nm (SHATKIN, 2013). No entanto, a *National Science Foundation* (NSF) amplia essas dimensões dos materiais dos quais a nanotecnologia visa estudar e trabalhar. De acordo com a fundação, a nanotecnologia pode trabalhar com materiais ou dispositivos menores do que 1 nm e maiores do que 100 nm (ABDI, 2013).

No Brasil, o conceito adotado para nanotecnologia segue as definições da *International Organization for Standardization Technical Committee (ISO/TC) 229* de 2005, que considera a nanotecnologia como sendo a aplicação de todo o conhecimento científico necessário para se trabalhar com matéria, cuja as dimensões estejam na nanoescala. De acordo com o comitê, o objetivo da nanotecnologia é de explorar características e fenômenos dos nanomateriais que estejam relacionadas ao tamanho de sua estrutura (ISO/TC 229, 2005).

Faria Júnior (2019) enfatiza que embora os termos “nanociência” e “nanotecnologia” possam ser confundidos como sinônimo é importante frisar que há diferenças entre si, embora estejam intimamente correlacionados. Nesse sentido, a nanociência configura-se como o estudo dos fenômenos envolvendo materiais em escala nanométrica, e a nanotecnologia é o “o design, a caracterização, a produção e a aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas controlando forma e tamanho na escala nanométrica” (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008, p. 2205).

Ao discorrer acerca do conceito de NeN podemos compreender que não há um consenso estabelecido acerca de suas definições, porém, indiscutivelmente é relatada a vinculação dessa área com a nanoescala. Ou seja, dentre as acepções dos autores existe um consenso no que diz respeito às dimensões dos materiais foco da NeN, que, praticamente, são considerados como sendo entre um e 100 nanômetros. É possível compreender, também, que embora tais conceitos não apresentem uma exatidão de ideias, também não apresentam um entendimento de sinonímia.

2.1.1 A nanociência e nanotecnologia e a aplicação no nosso cotidiano

Como já mencionado, a nanociência e nanotecnologia (NeN) abrangem diversas áreas do mundo científico e tecnológico e por isso podem ser consideradas partes de uma ciência interdisciplinar, transdisciplinar e multidisciplinar que podem facilmente serem inseridas em todos os âmbitos do cotidiano da sociedade (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020).

Nesse sentido, importa discorrer, a partir das concepções de trabalhos publicados no meio acadêmico, acerca de algumas aplicações da nanotecnologia no nosso dia a dia, como, por exemplo, na indústria farmacêutica, de cosméticos, eletrônica, agrícola, alimentícia e educacional.

No âmbito da saúde, a nanotecnologia pode ser usada para o tratamento de diversas doenças consideradas graves e com alto índice de mortalidade, tais como: o câncer, o HIV, a doença de Alzheimer e o Parkinson. A utilização da nanotecnologia na indústria farmacêutica pode garantir uma maior eficácia dos fármacos, pois, resumidamente, as nanopartículas utilizadas nos fármacos podem diferenciar as células saudáveis e não saudáveis e, assim, atacar a raiz do problema (SBALQUEIRO *et al.*, 2018).

Ainda no que se refere a saúde, Antunes Filho e Backx (2020) salientam que além da utilização da nanotecnologia para os remédios, a sua utilização em próteses aponta resultados satisfatórios, pois potencializam a capacidade de uma biocompatibilidade fazendo com que o sistema imune do paciente com prótese passe a reconhecê-la como algo que faz parte do próprio corpo e, assim, reduza as taxas de rejeições pós-cirúrgicas.

Prasad *et al.* (2017) enfatizam que, atualmente, a nanotecnologia é bastante utilizada no ramo da agricultura tanto no cultivo das lavouras, como na venda dos produtos. Nas lavouras, os autores destacam o uso de nanosensores que indicam a carência de nutrientes das plantas e as nanocápsulas de inseticida que liberam o agrotóxico exclusivamente dentro do inseto. Já no que se refere à venda dos produtos, existem as embalagens projetadas como nanofilmes que além de aumentar a durabilidade do produto, indica quando esse produto sofre alguma contaminação microbiana ou inicia o processo de apodrecimento natural.

Uma das áreas de maior impacto da nanotecnologia é a área de influência social. É indiscutível contestar que o avanço das melhorias de vida da população está diretamente atrelado ao avanço científico e tecnológico. Se compararmos os dias atuais e os dias de somente 30 anos atrás é notório o salto evolutivo que a sociedade pôde realizar através da construção civil, meios de transporte, comunicação, entre outros.

Nesse sentido, Antunes Filho e Backx (2020) apontam que no contexto nanotecnológico destacam-se, sem muita discussão, as tecnologias fundamentais para a idealização, fabricação e uso dos aparelhos móveis de comunicação (smartphones, notebooks, tablets, dentre outras). De acordo com os autores, foi através desse avanço tecnológico que ocorreram rápidas mudanças na globalização e o surgimento da geração *neo millenials*, como também a potencialização do poder da internet e de sua empregabilidade na vida das pessoas.

No âmbito educacional, como já discutido no referido trabalho, a nanotecnologia e nanociência aparece entre os assuntos recomendados nas legislações vigentes no nosso país, porém, de acordo com Antunes Filho e Backx (2020), a abordagem de tais conteúdos ainda não se apresenta como uma realidade educacional. Porém, essas áreas de conhecimento não se apresentam no âmbito educacional apenas como algo que possa ser estudado, mas como uma ferramenta pedagógica que pode melhorar o processo de ensino-aprendizagem, para a construção cognitiva do estudante como cidadão dentro e fora do ambiente escolar (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020).

Inicialmente, podemos ter uma certa dificuldade para associar a nanotecnologia e a sala de aula no dia a dia. Isso ocorre devido à falta de familiaridade com essa área tecnológica. A nanotecnologia pode estar presente na utilização de Tecnologias da Comunicação e Informação (TICs), o uso de aparelhos multimídias, quadros interativos, o uso dos próprios smartphones e notebooks dos estudantes e professores, além de jogos de realidade virtual e simuladores (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020). Nessa perspectiva, compreende-se que a nanotecnologia não é algo tão distante da nossa vida corriqueira, porém, devido a diversos fatores, tornou-se um assunto quase que intocável na educação básica, não como um tabu, mas como algo que equivocadamente é associado a uma capacidade de compreensão mais complexa e evoluída.

2.2 O LIVRO DIDÁTICO NO ÂMBITO ESCOLAR

Acompanhando a vida estudantil do discente desde o ensino fundamental até o ingresso na universidade, o livro didático consolidou-se ao longo dos anos como uma ferramenta pedagógica de suma importância no âmbito educacional, tanto para professores, como para os alunos.

Mesmo diante da considerável modernização, na qual uso de tecnologias corresponde a maior parte do tempo do indivíduo, seja para trabalhar, se divertir, se transportar, se comunicar e até mesmo estudar, muitos alunos não possuem aparelhos celulares smartphones, notebooks ou acesso à internet na escola e em casa. Nessa perspectiva, podemos compreender que mesmo diante da grande

diversidade de recursos pedagógicos que a tecnologia dispõe na atualidade, o livro não pode ser descartado ou ter sua importância na vida escolar diminuída.

Segundo Choppin (2004), o livro didático (LD) surgiu como uma literatura didática, técnica e profissional com a finalidade de auxiliar o conhecimento escolar. Nesse direcionamento, Costa e Santos (2015) definem o LD como um instrumento que pode contribuir positivamente para o processo educativo ao disponibilizar a professores e alunos, o acesso ao conhecimento.

Alguns autores apresentam alguns conceitos para LD, Bittencourt (1997), por exemplo, define:

O livro didático é um depositário dos conteúdos escolares, suporte básico e sistematizador privilegiado dos conteúdos elencados pelas propostas curriculares são por seu intermédio que são passados os conhecimentos e técnicas consideradas fundamentais de uma sociedade em determinada época. O livro didático realiza uma transposição do saber acadêmico para o saber escolar no processo de explicitação curricular (BITTENCOURT, 1997, p. 72).

Corroborando com a opinião de Bittencourt (1997), Alves (2010) enfatiza que:

O livro didático apresenta-se com destaque no cenário educacional, ou seja, desempenha um papel relevante no desenvolvimento das atividades de sala de aula, realizadas pelos professores com seus alunos. Trata-se, portanto, de importante instrumento utilizado pelos professores para o desenvolvimento de suas atividades como docentes (ALVEZ, 2010, p. 72).

Em uma definição mais técnica, Oliveira *et al.* (2004, p. 11) define o LD como sendo "um material impresso, estruturado, destinado ou adequado a ser utilizado num processo de aprendizagem e de formação". Luckesi (2004, p. 27) por sua vez, define de uma forma mais simples o LD como "um meio de comunicação, através do qual o aluno recebe a mensagem escolar".

O LD por ser, muitas vezes, o único recurso pedagógico disponibilizado pela escola para auxiliar professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem assume um papel privilegiado nesse cenário, pois auxilia o professor desde a organização de suas aulas até a avaliação do seu trabalho. No que tange aos alunos, compreende-se que o LD tem papel determinante na visão e interesse que o aluno terá da disciplina (CARNEIRO, SANTOS, MÓL, 2005).

Segundo a definição de Suart Júnior *et al.* (2016), o LD se constitui:

como uma das principais fontes de informação e de orientação pedagógica para professores e alunos em sala de aula. Para além de um objeto didático-pedagógico, o livro apresenta-se como um dos primeiros, ou até mesmo único, meio de contato entre o estudante e mundo científico, tendo em vista o caráter cultural da sociedade brasileira e a organização curricular encerrada na escola, cada vez mais distante de uma perspectiva cultural (SUART JUNIOR *et al.*, 2016, p. 5).

Aos nos depararmos com tais conceituações acerca do LD, podemos compreender que há um consenso entre autores da área da educação de que o LD possui uma relevância indiscutível no processo educativo. Embora a sociedade tenha mudado ao longo dos anos, o LD permaneceu inserido no ambiente escolar como um recurso pedagógico durante todo o processo de evolução no sistema educacional. Quadros, Lélis e Freitas (2015) apontam que o LD é um dos assuntos mais discutidos na literatura educacional, nesse sentido, torna-se importante aprofundar-se no percurso que o LD transitou ao longo dos anos, em meio a diversas mudanças que permeiam a escola.

2.2.1 O livro didático ao longo dos anos

O marco inicial para a utilização do livro didático (LD) no Brasil se deu em 1929 com a criação do Instituto Nacional do Livro Didático (INLD), com intuito de legislar as políticas de criação e utilização do LD, além de contribuir para uma legitimação do LD como ferramenta pedagógica e, assim, aumentar sua produção (MARCONDES; SILVA, 2022).

Em 1945, através do Decreto de Lei nº art. 5º do Decreto-Lei nº 8.460, ocorreu a consolidação da legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático em todo o território nacional. De acordo com a legislação:

Art. 5º Os poderes públicos não poderão determinar a obrigatoriedade de adoção de um só livro ou de certos e determinados livros para cada grau ou ramo de ensino nem estabelecer preferência entre os livros didáticos de uso autorizado, sendo livre aos professores de ensino primário, secundário, normal e profissional a escolha de livros para uso dos alunos, uma vez que constem da relação oficial das obras de uso autorizado.

Parágrafo único. A direção das escolas primárias, normais profissionais e secundárias, sejam públicas ou particulares, não poderá, relativamente, praticar os atos vedados no presente artigo

Art. 6º É livre ao professor a escolha do processo de utilização dos livros adotados, desde que seja observada a orientação didática dos programas escolares, ficando vedado, porém, o ditado de lições constantes dos compêndios ou o de notas relativas a pontos dos programas (BRASIL, 1945).

No entanto, o mesmo decreto determinou que não era responsabilidade governamental a escolha dos livros didáticos a serem utilizados no ensino superior. Dessa maneira, cabia ao professor a função, dentre as várias já exercidas, de orientar seus alunos acerca de quais obras poderiam utilizar durante o curso, nas quais deveriam ser consideradas obras que contribuíssem para a formação cultural do indivíduo (BRASIL, 1945).

Em 1966, através de um acordo entre Ministério da Educação (MEC) e a Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID) foi criada a Comissão Nacional do Livro Didático, mediante recursos oriundos desse acordo internacional, que foi garantida a distribuição em um triênio de 51 milhões de exemplares de LDs (MARCONDES; SILVA, 2022).

Foi a partir dessa comissão que em 1969, o Decreto-Lei nº 872, estabeleceu a criação do Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação – FNDE, órgão existente até os dias atuais. De acordo com o Ministério da Educação, o FNDE possui a missão de:

transferir recursos financeiros e prestar assistência técnica aos estados, municípios e ao Distrito Federal, para garantir uma educação de qualidade a todos. Os repasses de dinheiro são divididos em constitucionais, automáticos e voluntários (convênios).

Além de inovar o modelo de compras governamentais, os diversos projetos e programas em execução, com atuação forte e abrangente, fazem do FNDE uma instituição de referência e o principal órgão de execução de políticas educacionais (MEC, 2022).

Em 1971 o INLD criou o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Fundamental (PLIDEF), que mais tarde foi substituído pelo o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). O referido programa fora criado em 1985, através do Decreto-Lei nº 91. 542, o qual considerava a necessidade de promover o magistério e a participação do professor nos processos de escolha do LD (BRASIL, 1985).

A partir da criação da nova LDB (Leis de Diretrizes e Bases) o PNLD passou por diversas mudanças que tinham como objetivo atingir e abranger as necessidades dos alunos de educação básica qualitativamente e quantitativamente (BRASIL, 1996).

De acordo com Cassiano (2007), um importante passo foi dado em 1996, quando começou a chamada Fase II do Programa, que estabeleceu sua periodicidade trienal por segmento educativo e, sobretudo, a avaliação pedagógica dos livros, a

partir de critérios estabelecidos em edital e que, desde 2002, é realizada por universidades públicas em conjunto com o Ministério da Educação.

A Resolução/CD/FNDE nº 38, de 15 de outubro de 2003, criou o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLDEM. Que possui o objetivo de garantir a distribuição e o acessos de LDs para todos os alunos do ensino médio público no Brasil (MEC, 2022).

Uma legislação importante no que se refere ao LD é o Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, que de acordo como MEC:

unificou as ações de aquisição e distribuição de livros didáticos e literários, anteriormente contempladas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e pelo Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE). Com nova nomenclatura, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático – PNLD também teve seu escopo ampliado com a possibilidade de inclusão de outros materiais de apoio à prática educativa para além das obras didáticas e literárias: obras pedagógicas, softwares e jogos educacionais, materiais de reforço e correção de fluxo, materiais de formação e materiais destinados à gestão escolar, entre outros (MEC, 2022).

Ao discorrermos sobre as principais legislações que dão suporte aos programas educacionais para distribuição do LD nos dias atuais, compreendemos que esse recurso pedagógico segue na linha contrária de ser interpretado como um mero material para o uso escolar. Ademais, o LD deve ser entendido como o principal material de auxílio pedagógico que pode significar o primeiro e mais duradouro contato que os educandos podem ter com o conhecimento.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral consiste em realizar uma análise em seis coleções de livros didáticos (LDs) de química aprovados no PNLDEM–2018, acerca de como é abordado o tema de nanociência e nanotecnologia (NeN), e de como essa abordagem contribui para o ensino de química de forma mais contextualizado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pretende-se alcançar o objetivo geral através da execução dos seguintes objetivos específicos:

- Identificar quais os LDs das seis coleções abordam conteúdos relacionados à NeN;
- Analisar como o tema de NeN são abordados nos LDs selecionados;
- Compreender como a abordagem do tema de NeN pode contribuir para a contextualização do ensino de química;

4 METODOLOGIA

Diante dos objetivos impostos, a metodologia aqui proposta classifica-se como sendo do tipo exploratória, pois, de acordo com Silva (2004, p. 14), esse tipo de pesquisa “visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses (...)”. Dessa forma, ao viabilizar que o pesquisador tenha uma maior percepção do problema, esse tipo de pesquisa pode proporcionar um aprimoramento de ideias de modo que possibilite a construção de informações acerca desse problema (GIL, 2010).

No que tange à natureza da pesquisa, caracteriza-se como básica, pois possui como objetivo subsidiar novos conhecimentos acerca do tema estudado sem quaisquer intenções de aplicação (SILVA, 2004). Sendo assim, compreendemos que a abordagem mais apropriada para o desenvolvimento da pesquisa é a qualitativa, uma vez que essa abordagem de pesquisa é utilizada na busca por descrever a um determinado problema através de análises não experimentais (FONTANA, 2018)

É importante salientar que a abordagem qualitativa se diferencia da abordagem quantitativa ao considerar, dentro da pesquisa, todos os pontos que permeiam a situação, além de considerar suas interações e influências no meio que habita o objeto de estudo (FONTANA, 2018). Além disso, diferentemente da abordagem quantitativa, a abordagem qualitativa não utiliza de métodos estatísticos como base para análise, uma vez que a tendência é que ocorra uma análise indutiva (SILVA, 2004).

Quanto aos procedimentos técnicos, pretende-se utilizar a pesquisa bibliográfica, na qual deve-se fundamentar em informações sobre o problema dispostas em materiais já publicados. Porém, como salienta Santos e Oliveira (2021), para a realização de uma pesquisa bibliográfica é necessário que o pesquisador tenha disponibilidade de tempo para executá-la, como também um determinado cuidado ao analisar os dados colhidos na literatura. É importante destacar que a pesquisa bibliográfica, por basear-se nos ensinamentos e informações disponíveis no meio acadêmico, constitui-se como uma importante ferramenta para a idealização e desenvolvimento de trabalhos científicos.

De acordo com Gil (2010) descreve como deve-se realizar a coleta de dados em uma pesquisa bibliográfica. De acordo com o autor, os procedimentos básicos necessários consistem em: 1) A realização de um levantamento bibliográfico preliminar; 2) A busca de fontes a serem utilizadas na pesquisa; 3) leitura do material,

que deve ser realizada de forma cautelosa. O pesquisador ao fazer a leitura do material selecionado na busca de fonte deve realizar fichamentos, resumos e, até mesmo, resenhas que possam contribuir em outras etapas do trabalho; e, por fim, tem-se o último procedimento: 4) O desenvolvimento da redação do texto.

Nessa perspectiva, serão analisadas no presente trabalho seis coleções didáticas de química aprovadas no Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio – PNLDEM, no ano de 2018 (Tabela 1).

Tabela 1 – Informações dos livros didáticos (PNLDEM 2018) a serem analisados

Livro	Nome	Autor (a)	Ano de publicação	Editora
LD1	Química	Martha Reis	2016	Ática
LD2	Ser Protagonista - Química	Júlio Cezar F. Lisboa; Aline T. Bruni; Ana Luiza P. Nery; Rodrigo M. Liegiel; Vera Lúcia M. Aoki	2016	SM
LD3	Vivá - Química	Vera Lúcia D. Novaes; Murilo T. Antunes	2016	FTD
LD4	Química	Eduardo F. Mortimer; Andréa H. Machado	2016	Scipione
LD5	Química Cidadã	Wilson Luiz P. dos Santos; Gerson S. Mól (coords.)	2016	AJS
LD6	Química	Carlos Alberto M. Ciscato; Luiz F. Pereira; Emiliano Chemello; Patrícia B. Proti	2016	Moderna

Fonte: Autoria própria, 2023.

Assim, pretende-se analisar se todos os LDs abordam a temática da NeN, e caso apresentem a temática, analisar como é feita essa abordagem, quais métodos são utilizados e como isso pode contribuir para uma contextualização do ensino de química.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram analisadas seis coleções de LDs de química, as quais continham três volumes cada e juntas totalizavam 18 LDs, que compunham o Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio 2018 – PNLDEM. Nesse sentido, para uma melhor compreensão do texto, as coleções foram denominadas LD1, LD2, LD3, LD4, LD5 e LD6.

Inicialmente foi realizada uma pré-análise no sumário de cada livro a fim de verificar a abordagem do tema de Nanotecnologia e Nanociência (NeN). Ao percebermos a ausência quase unânime de tais conteúdos nos 18 sumários dos LD's analisados, foi realizada uma busca mais detalhada para verificar a existência desses termos “nanociência” e “nanotecnologia” no corpo de texto do LD. Os resultados dessa pré-análise estão dispostos na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Análise da existência dos termos “Nanociência” e “Nanotecnologia” nas coleções selecionadas

Livro	Nome	Autor (a)	Possui os termos NeN	Volume
LD1	Química	Martha Reis	Sim	1
LD2	Ser Protagonista - Química	Júlio Cezar F. Lisboa; Aline T. Bruni; Ana Luiza P. Nery; Rodrigo M. Liegiel; Vera Lúcia M. Aoki	Não	**
LD3	Vivá - Química	Vera Lúcia D. Novaes; Murilo T. Antunes	Não	**
LD4	Química	Eduardo F. Mortimer; Andréa H. Machado	Não	**
LD5	Química Cidadã	Wilson Luiz P. dos Santos; Gerson S. Mól (coords.)	Sim	2 e 3
LD6	Química	Carlos Alberto M. Ciscato; Luiz F. Pereira; Emiliano Chemello; Patrícia B. Proti	Não	**

Fonte: Autoria própria, 2023.

Através da pré análise pôde-se observar em quatro coleções selecionadas pelo PNLDEM 2018 (LD2, LD3, LD4 e LD6) não possuem os termos “Nanociência” e “Nanotecnologia”, e, conseqüentemente, não apresentam nenhum capítulo ou seção que abordem NeN. É importante ressaltar que alguns desses livros (LD 5, volumes 1,

2 e 3; LD2, volume 1; LD 4, volume 1; LD1, volume 1) apresentam uma ou mais menções à temática quando abordam em sessões de exercícios, de forma descontextualizada, tais como os termos como “nanotubos de carbono” e “nanopartículas”.

Podemos mencionar como um dos fatores que mais impressionam nessa ausência da temática de NeN nos LDs analisados se dá diante do fato de que todas as coleções são do ano de 2016, e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) e Diretrizes Nacionais para a Educação Básica (BRASIL, 2013) já aconselhavam que fossem trabalhados os conteúdos da Nanociência e Nanotecnologia em aulas de química do ensino médio.

Um segundo ponto que merece destaque diz respeito às Leis de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) que orientam o ensino interdisciplinar de temas de ciência em tecnologia que permeiam a sociedade, através do artigo 35, seção IV, que destaca como finalidade da educação básica: “a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos presentes na sociedade contemporânea, relacionando a teoria com a prática [...]” (BRASIL, 1996, n.p).

Seguindo os preceitos da LDB, e ao recomendar que o ensino de química ocorra de forma articulada com áreas das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e demais áreas de estudo, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio estabelecem que os temas abordados sejam selecionados a partir das condições e interesses dos estudantes no âmbito da comunidade escolar. Nesse sentido, o documento corrobora com o Parâmetros Nacionais Curriculares do Ensino Médio (PNCM), os quais indicam que os conteúdos a serem abordados no ensino de química sejam selecionados de acordo duas perspectivas:

- (i) “a que considera a vivência individual dos alunos – seus conhecimentos escolares, suas histórias pessoais, tradições culturais, relação com os fatos e fenômenos do cotidiano e informações veiculadas pela mídia”; e (ii) “a que considera a sociedade em sua interação com o mundo, evidenciando como os saberes científico e tecnológico vêm interferindo na produção, na cultura e no ambiente” (BRASIL, 2002, p. 93).

Rebello *et al.* (2012) ressaltam que apesar da crescente expansão do tema de NeN no campo da ciência e, conseqüentemente, no dia a dia social, em linhas gerais a sociedade possui um conhecimento restrito acerca dessa temática. Os autores chamam a atenção para que essa questão de falta de conhecimento sobre

nanociência e nanotecnologia seja foco de discussões. De acordo com os autores, é importante que se discuta a necessidade das pessoas, de modo geral, conhecerem e compreenderem o que é a nanociência e a nanotecnologia e como interfere no dia a dia da sociedade em geral.

Essa discussão defendida pelos autores acima citados refere-se às discussões sociais, científicas e, principalmente, educacionais (REBELLO *et al.*, 2012). E a partir dessa necessidade social que a escola surge como um dos principais meios de se trabalhar a temática de NeN, e servir de embasamento para construção do conhecimento social sobre o que é, onde está, quais as vantagens e desvantagens dessa nova área da ciência.

A escola desenvolve um papel de extrema importância no que se refere à propagação de informações e construção de conhecimento no meio social, pois é o início da vida social e educacional de todos que compõe a sociedade e, mesmo na chamada era digital, continua sendo considerada, por muitas pessoas, como um dos únicos ou como a principal área de acesso a informações e ao conhecimento científico.

Ao analisarmos os ensinamentos de Silva *et al.* (2019), quando enfatizam a importância do LD no processo de ensino-aprendizagem, o qual, muitas vezes, pode ser um dos únicos recursos pedagógicos que os professores possuem para lecionar, podemos compreender a grande importância da atualização de temas nos LDs como uma garantia de acesso à informação condizentes com as mudanças no meio sociocientífico e tecnológico como meio para a construção do conhecimento.

Embora o número de pesquisas sobre os LDs tenha aumentado muito nos últimos anos, a necessidade de atualização dos seus temas está em pauta no meio acadêmico e educacional há mais de 20 anos. Exemplo disso é a discussão de Carneiro *et al.* (2003) que defendem a atualidade dos conteúdos trabalhados nas salas de aulas através do uso dos LDs:

O fato de o livro apresentar temas atuais é importante, uma vez que não resta dúvida de que os livros didáticos, além de apresentarem os conceitos básicos da disciplina, devem também apresentar outros temas que evidenciem a dinâmica da construção do conhecimento científico e possibilitem o desenvolvimento de atitudes e valores relacionados à cidadania (CARNEIRO *et al.*, 2003, p. 8).

É a partir dessa perspectiva que a abordagem da NeN em aulas do ensino médio surge como uma excelente oportunidade de inserir e trabalhar temas atuais no âmbito escolar, e assim possibilitar que os estudantes possam perceber e compreender as modificações que estão em desenvolvimento no mundo científico e interfere, se não diretamente, mas indiretamente, na sociedade e no contexto de vida desses estudantes (SANTOS; NIHEI, 2013).

Dando continuidade à análise dos LDs de química aprovados pelo PNLDEM 2018, pode ser observado na tabela 2 que apenas dois livros apresentam a temática de NeN (LD1 e LD5). Trataremos inicialmente do LD 1 (volume 1), que traz a temática de nanotecnologia na Unidade 3 ao tratar de poluição eletromagnética, mais precisamente no capítulo 6, como um boxe de “Curiosidades” (Figura 1).

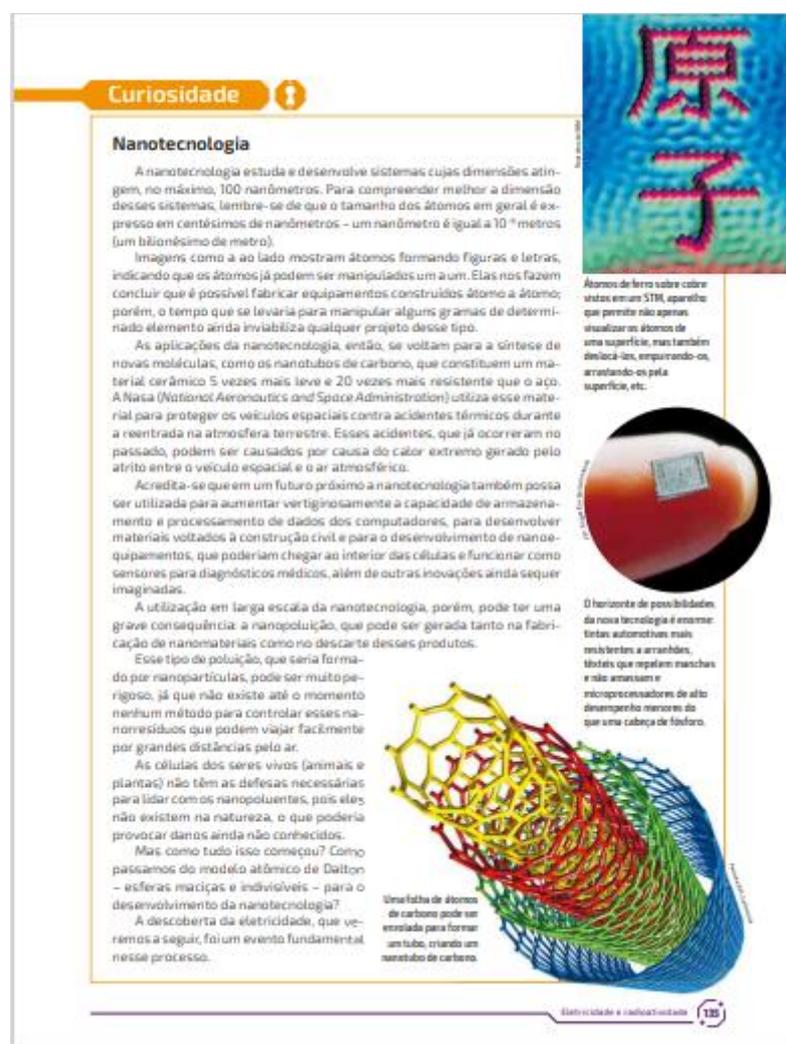
De acordo com Iglesias e Petrucci-Rosa (2016, p. 36), os boxes que comumente vemos nos materiais didáticos possuem como objetivo: “dar ênfase a conceitos e ideias discutidos no decorrer do capítulo ou que até mesmo não foram discutidos e apresentam problematizações que vão além das discussões do conteúdo proposto para o capítulo”.

A unidade 3 do primeiro volume do LD1 ao tratar sobre poluição eletromagnética apresenta apenas dois capítulos, sendo eles: capítulo 6 – Eletricidade e Radioatividade, e o capítulo 7 - Modelo básico do átomo e a lei periódica. Embora o modelo do átomo seja discutido de forma mais aprofundada no segundo capítulo 7 do livro, o capítulo 6 apresenta na sua primeira parte (Eletricidade) seções que falam acerca do átomo, dos prótons, dos nêutrons e dos íons. No que se refere à sua segunda parte (Radioatividade) é abordado, dentre outras coisas, o modelo atômico de Rutherford.

No entanto, é na primeira seção do capítulo que o boxe de “Curiosidades” acerca da nanotecnologia surge no LD1. Antes de discorrer sobre a eletricidade, o capítulo se inicia com uma apresentação breve sobre a imagem do átomo, e, ao discorrer sobre a possibilidade de poder observar um átomo, através da criação do microscópio de varredura por tunelamento (*scanning tunneling microscope* – STM)¹ o boxe “Curiosidades” é introduzido no capítulo.

¹ O microscópio de varredura por tunelamento (*scanning tunneling microscope* – STM) foi criado no laboratório de IBM em Zurique, Suíça, em 1981 por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer. Além de poder visualizar o átomo, o STM possibilita deslocá-los (CADIOLLI; SALLA, 2006).

Figura 1 – Boxe “Curiosidades” sobre a nanotecnologia



Fonte: Reis, 2016.

Como podemos observar na figura, o boxe apresenta uma definição breve de Nanotecnologia e apresenta duas imagens que podem representar esse novo campo da ciência, sendo a primeira imagem a visualização de átomos de ferro através do STM e a manipulação desses átomos para a formação de caracteres chineses. A segunda imagem é a representação gráfica de um nanotubo de carbono, o qual a autora descreve como sendo constituído por uma folha de átomos de carbono enrolada.

O boxe discorre sobre a larga escala de utilização da nanotecnologia em um futuro próximo para a potencialização de armazenamento de dados de computadores e a construção de nanoequipamentos que possam ser usados em algumas áreas, tais

como engenharia civil e medicina. Porém, ao discorrer sobre os benefícios do uso da nanotecnologia a autora apresenta como preocupação a nanopoluição que:

pode ser gerada tanto na fabricação de nanomateriais como no descarte desses produtos. Esse tipo de poluição, que se cria formado por nanopartículas, pode ser muito perigoso, já que não existe até o momento nenhum método para controlar esses nanorresíduos que podem viajar facilmente por grandes distâncias pelo ar (REIS, 2016, p. 135).

A preocupação com a nanopoluição e seus efeitos para a saúde humana e o meio ambiente ocasionou o surgimento de uma nova área na ciência: a nanotoxicologia. Segundo Durán *et al.* (2019), esse novo ramo científico se dedica ao estudo dos efeitos toxicológicos de nanomateriais em sistemas biológicos. Gatti e Mortanari (2015) ao discorrerem sobre a nanotoxicologia indicam algumas doenças que podem ser causadas pela nanopoluição, sendo, em sua maioria, relacionadas ao ar. Embora sinalize a questão dos riscos desconhecidos dos nanopoluentes, o boxe não discute afundo nenhuma informação apresentada sobre a nanotecnologia, e é finalizada da seguinte forma:

“(…)Como passamos do modelo atômico de Dalton – esferas maciças e indivisíveis – para o desenvolvimento da nanotecnologia? A descoberta da eletricidade, que veremos a seguir, foi um evento fundamental nesse processo” (REIS, 2016, p. 135)

Ao ser encerrado com a indagação de como ocorreu a evolução científica até a descoberta da nanotecnologia, e ao afirmar a importância da eletricidade para esse processo, a autora sugere que mais a frente haverá um levantamento histórico científico para explicar o percurso até a nanotecnologia. No entanto, isso não ocorre. Em nenhuma outra parte do LD1 a NeN são abordadas ou mencionadas, deixando as informações dispostas no sexto capítulo paralelas aos demais conteúdos apresentados.

No que se refere à forma de apresentação da temática, podemos compreender que não houve uma contextualização se consideramos que contextualizar o ensino é promover a aproximação do conhecimento científico com o conhecimento que os alunos possuem através de suas vivências (LEITE; WENZEL; RADETZKE, 2020), ou seja, é correlacionar os conteúdos trabalhados em sala de aula com o contexto social em que o aluno está inserido, utilizando suas vivências como bússola para esse processo de contextualização.

O PCNEM, ao discutir acerca do ensino de química no país, considera a contextualização ao propor que o ensino de química seja realizado a partir das perspectivas de vivências e a bagagem de conhecimento dos alunos e de suas interações sociais. Essa concepção segue nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, de acordo com o documento a contextualização se constitui através da abordagem de temáticas sociais e situações reais do cotidiano que possibilitem a discussão de conteúdos e conceitos de química (BRASIL, 2013).

Assim, o boxe “Curiosidades” sobre a Nanotecnologia, a partir do objetivo dessa seção no livro didático estabelecido por Iglesias e Petrucci-Rosa (2016) não apresentou um conteúdo que foi discutido no capítulo, tampouco ao longo dos demais capítulos do livro, além de não corroborar com as perspectivas estabelecidas para o ensino de química pelos Parâmetros Nacionais Curriculares do Ensino Médio e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio.

O segundo livro que discute a temática de nanotecnologia é o LD5 (volume 3), intitulado de Química Cidadã, o qual possui “(...) como propósito capacitá-lo para resolver questões reflexivas que têm sido apresentadas no novo contexto. É por isso que em todos os volumes desta coleção tratamos das relações entre a Química, as suas tecnologias, a sociedade e o ambiente” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 4).

Propondo uma abordagem CTSA para o ensino de química, o LD5 (volume 3) apresenta no capítulo 6, destinado ao estudo do Modelo Quântico, a seção 6 que discute a Química teórica e a nanotecnologia e as perspectiva para um novo mundo. No entanto, antes de apresentar tal seção, o capítulo 6 do LD5 apresenta cinco seções, sendo elas: Seção 1 – A visão clássica do mundo físico, seção 2 – Modelo quântico para o átomo; seção 3 – A função de onda e os orbitais atômicos; seção 4 – A configuração eletrônica e a tabela periódica; seção 5 – As ligações químicas e o modelo quântico.

A partir disso, pode compreender que todo esse percurso anterior à abordagem do tema de nanotecnologia contribui para situar o educando no mundo em escala nanométrica, uma vez que ao discorrer acerca da Mecânica Quântica expande os horizontes dos educandos para a compreensão do mundo além do visível, além de compreender o surgimento da nanociência e, conseqüentemente, da nanotecnologia.

Assim, a seção sobre Química teórica e nanotecnologia faz um breve levantamento histórico sobre o surgimento da nanotecnologia, considerando como marco a palestra de Richard Phillips Feynman (em 1959), a criação do Microscópio

de tunelamento. Os autores ainda apresentam, de forma superficial, a nanoescala comparando-a com demais escalas as quais nos referimos no nosso cotidiano, e afirmando-a como a escala que as estruturas biológicas pertencem (SANTOS; MÓL, 2016).

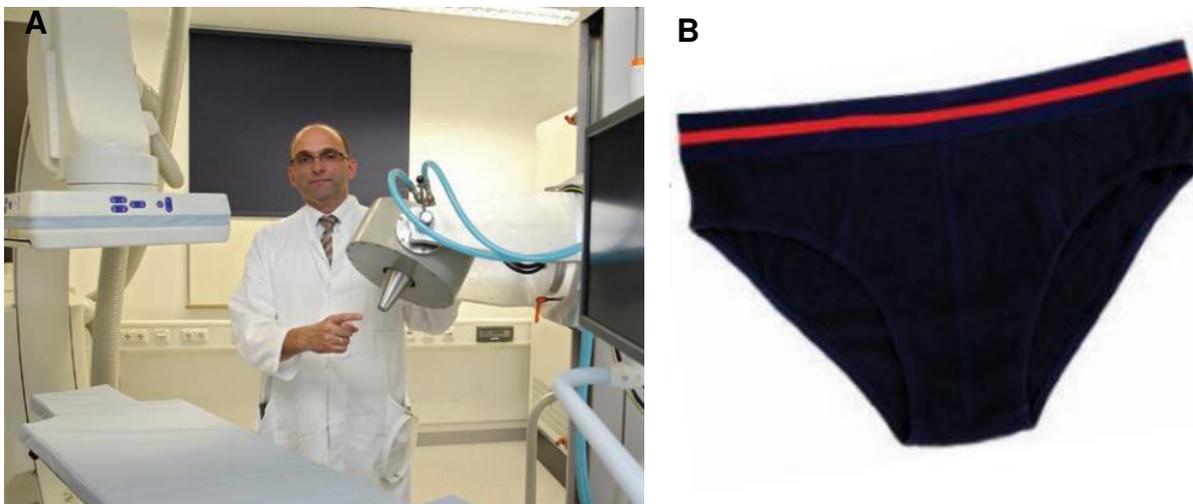
A abordagem de alguma temática a partir do percurso histórico que ocasionou o seu surgimento é visto como algo positivo, e possui influência pertinente no processo de ensino-aprendizagem no ensino de química. Barp (2013) enfatiza que a abordagem da história das ciências em aulas de química apresenta contribuições positivas no processo de ensino-aprendizagem, de acordo com a autora, esse resgate histórico dá aos alunos a oportunidade de compreender os processos socioculturais passados e contemporâneos.

Nesse sentido, corroboramos com Santos Filho, Barroso e Sampaio (2021) ao considerarem que o uso do contexto histórico nas aulas de química pode favorecer para que os alunos sejam introduzidos no mundo científico a partir de um modo mais atrativo, e, assim, possa contribuir para o despertar de um interesse em compreender o conhecimento em química, além das questões inerentes a outras áreas de estudos.

Quanto à aplicação da nanotecnologia, a seção discute acerca do emprego dessa nanociência em diversas áreas, tais como medicina, destacando o uso da nanotecnologia no estudo e desenvolvimento de medicamentos para o mal de Parkinson e a Aids. Na biologia, como ferramenta para o estudo de células e DNA; na física, com estudos de sólidos e de semicondutores; engenharia, sendo empregada nos estudos de microscopia eletrônica e novos materiais; na informática, no desenvolvimento de simuladores, de ferramentas e modelos; e, por fim, na química sendo utilizada nos estudos de moléculas e polímeros, com o desenvolvimento de tintas, aditivos, catalisadores e lubrificantes (SANTOS; MÓL, 2016).

“A nanotecnologia possibilita criar dispositivos que funcionam a partir de uma única molécula ou de um pequeno conjunto de átomos, despertando o interesse dos cientistas” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 262). Nesse sentido, além dos exemplos citados acima, os autores ainda apresentam a utilização da nanotecnologia no tratamento contra o câncer (Figura 2A) e fabricação de tecidos (Figura 2B), como também a representação gráfica de um nanotubo utilizando o mesmo conceito utilizado no LD1.

Figura 2 – a) Instrumento permite obter imagens completas da vascularização de tumores, utilizando nanopartículas para combater o câncer. As pequenas partículas são introduzidas, nos tumores, com a ajuda de um forte ímã. Erlangen, Alemanha, 2011. b) Cientistas japoneses desenvolveram um tipo de tecido autolimpante, que repele líquidos e pode até matar bactérias que causam o mau cheiro. Nos EUA, os militares em combate usam esse tipo de roupa para evitar trocas e lavagens



Fonte: Santos e Mól, 2016

O uso de imagens para a demonstração de algumas aplicações da nanotecnologia é um ponto positivo na abordagem de temáticas que se referem ao mundo microscópico, ou, como no caso, nanométrico. Embora os autores tenham citados diversas aplicações da nanotecnologia, em áreas variadas, a visualização de algumas dessas aplicações facilita para a construção do conhecimento por parte do educando ao passo que faz uma correlação entre o macro, o micro e o nano.

A respeito disso, Coutinho *et al.* (2010) discorrem sobre o elevado potencial de comunicação que as imagens apresentam no mundo científico, pois contribuem para um melhor entendimento de assuntos. Corroborando com tal pensamento, Souza (2018) enfatiza que as imagens sempre estiveram vinculadas ao ensino química, prova disso é sua fundamental importância na interação dos estudantes com os conceitos e temas abordados nos livros didáticos de química.

Por fim, a seção apresenta a nanotoxicidade como uma das desvantagens e perigos do amplo desenvolvimento da nanotecnologia através da seguinte indagação: “será que o uso da nanotecnologia só traz vantagens? E a nanotoxicidade?”. No entanto, assim como no LD1, não é apresentado aos estudantes uma discussão acerca da nanotoxicidade. Os dois livros (LD1 e LD5) apenas apresentam aos estudantes a preocupação com a facilidade com que as nanopartículas podem penetrar e se difundir nos organismos.

Diante do exposto na fundamentação teórica desse trabalho, a nanociência e nanotecnologia como um ramo, relativamente, novo da ciência merece a devida atenção diante dos grandes benefícios que pode ocasionar para sociedade em geral. Nesse sentido, é importante que o conhecimento sobre essa nova área da ciência comece na escola, seja em aulas de química ou em aulas de outras disciplinas, para que no processo de formação educacional e cidadã os estudantes possam compreender o que é essa NeN, com o que trabalha e qual sua empregabilidade e impacto no dia a dia da sociedade.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio não discorrem acerca de como deve ser o ensino da nanociência e nanotecnologia, no entanto, orienta que o ensino de química necessita ser realizado de forma contextualizada de modo a propiciar aos alunos uma compreensão e aprendizagem significativa. No entanto, vale a pena ressaltar que o documento orienta acerca dessa contextualização ocorrer de forma correta, deixando para trás o falso entendimento de que contextualizar é apenas dar exemplos. Assim:

Não se procura uma ligação artificial entre o conhecimento químico e o cotidiano, restringindo-se a exemplos apresentados apenas como ilustração à finalidade algum conteúdo; ao contrário, o que se propõe é partir de situações problemáticas reais e buscar o conhecimento necessário para entendê-las e procurar solucioná-las (BRASIL, 2006).

Essa compreensão acerca da contextualização é defendida na Base Nacional Comum Curricular – BNCC, ao destacar a necessidade da contextualização vinculado a alguns aspectos, como por exemplo, a interdisciplinaridade e a formação cidadã. Nesse sentido, “a contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas” (BRASIL, 2018).

Se analisarmos as abordagens dos LD1 e LD5 acerca do estudo da nanotecnologia sob a perspectiva dos documentos educacionais do país, bem como com a literatura, podemos compreender que as duas abordagens não acontecem de forma contextualizada a partir de situações problema do dia a dia dos estudantes, bem como não são correlacionadas com demais assuntos dentro da unidade do LD na qual o tema é tratado.

Embora ambos os livros sinalizem sobre as vantagens e desvantagens da nanotecnologia, em nenhum deles houve um aprofundamento dos assuntos de modo que a temática de nanociência e nanotecnologia se apresenta aos estudantes como

uma demonstração, um informativo, distanciando-se da idealização do que o conhecimento dessa área pode agregar nas aulas e aos estudantes.

Silva (2021) enfatiza que o ensino de nanotecnologia deve proporcionar aos estudantes a construção de um pensamento crítico sobre a temática no seu meio social, e, mais do que isso, possa capacitar esses estudantes para intervir no processo. Ainda de acordo com a autora, os professores têm papel fundamental no desenvolvimento desse conhecimento crítico, pois são um dos grupos responsáveis por conscientizar a sociedade, a partir de seus alunos, das novas áreas da ciência. No entanto, é importante destacar que em muitos casos esse professor sofre com falta de recursos ou de preparo para lecionar e desenvolver com os alunos conhecimentos acerca de novos temas científicos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os documentos nacionais que atribuem os objetivos do sistema educacional de todo país, além de nortear acerca dos caminhos a serem trilhados por professores e alunos na busca por tais objetivos, dispõem sobre a importância da abordagem de temas atuais nas escolas e da contextualização desses temas como forma de contribuir para o processo de ensino-aprendizagem e formação cidadã dos educandos.

Diante dos avanços tecnológicos que permeiam a sociedade dia após dia, a temática de NeN tornou-se um dos conteúdos mais importantes para serem abordados em aulas de ciência da natureza, sendo citada nos documentos nacionais da educação. No entanto, a realidade das escolas pode ser bastante diferente daquela proposta nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e das Orientações Curriculares para o Ensino Médio.

Motivados pelo o objetivo de analisar a abordagem desse tema em LDs de química do ensino médio, o objetivo geral desse trabalho consistiu em analisar LDs de química aprovados no PNLDEM – 2018. A partir disso, foi possível identificar que dos dezoito LDs analisados apenas dois LDs apresentam conteúdos voltados a NeN, sendo eles: LD1 (Química – REIS, 2016) e LD5 (Química Cidadã – SANTOS; MÓL, 2016).

Embora o LD5 apresente mais informações sobre a temática em relação ao LD1, apresentando um percurso histórico da NeN e imagens representando sua aplicação no dia a dia, através da análise realizada foi possível compreender que nenhum dos LDs mencionados acima apresentam uma abordagem clara e contextualizada da temática. Ainda que os dois LDs estimulem indagações sobre os perigos das nanopartículas e a nanotoxicidade, nenhum autor propõe tratar dessas questões ao longo do tempo.

É importante ressaltar que no LD1 os autores propõem que mais adiante os conteúdos didáticos irão abordar os caminhos dos avanços científicos até a descoberta da nanociência, porém, em nenhum capítulo no livro os termos “Nanociência” e “Nanotecnologia” são citados novamente.

Os resultados da análise dos livros didáticos apontam que mesmo com todo o avanço tecnológico, científico e social que transformam o mundo, os costumes, e as vivências sociais, tais fatos ainda estão alheios aos conteúdos abordados na sala de

aula da rede pública de ensino do nosso país. Os resultados ainda apontam que a ideia de contextualização do ensino proposta nos PCNEM e OCNEM não são atendidas nos LDs analisados, mesmo considerando a data (relativamente nova) de edição e aprovação para compor o PNLDEM 2018.

Tais evidências tornam-se ainda mais graves, pois, como já citado nesse trabalho, em muitas escolas o LDs é o principal, e por várias vezes o único, material didático acessível para professor e aluno e quando esse LD não apresenta temas atuais, ou não acompanha avanços científicos, sociais ou tecnológicos, os professores e estudantes passam por dificuldades que interferem no processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, ressaltamos a importância da abordagem de temas científicos atuais nas salas de aula de bem como a importância de os LDs buscarem cada vez mais apresentar uma abordagem contextualizada dos conteúdos. Assim, é necessário compreender que tanto o processo de ensino-aprendizagem, como o processo de formação cidadã dos estudantes, necessitam ser um dos objetivos fundamentais da educação no dia a dia, e não apenas nas orientações e parâmetros curriculares.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Relatório de Nanotecnologia. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na Área da Saúde, Mercado, Segurança e Regulamentação**. Brasília, DF, 2013.

ALBUQUERQUE, M. E.; GUIMARÃES, A. M.; SILVA JÚNIOR, A. B. **História da Ciência: Reflexões sobre o estudo da Nanociência e da Nanotecnologia em Física**. 60 f. 2020. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências com ênfase em Física) - Universidade Federal do Pará, 2020.

AMARAL, I. A. Os fundamentos do ensino de Ciências e o livro didático. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (orgs). **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Ed. Komedi, 2006. p. 19-31.

ANTUNES FILHO, S.; BACKX, B. P. Nanotecnologia e seus impactos na sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 2020.

BARP, E. Contribuições da história da ciência para o ensino de química: uma proposta para trabalhar o tópico radioatividade. **História da Ciência e Ensino**, v. 8, 2013.

BASSOTO, G. V. **NANOTECNOLOGIA**: uma investigação fundamentada na educação pela pesquisa se refletindo na formação de professores e no ensino de química. 130 f. 2011. Mestrado (Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BITTENCOURT, C. M. F. **O saber histórico na sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1997. 175 p.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985**. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. Brasília: DF, 1985.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 8.460, de 26 de dezembro de 1945**. Consolida a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático. 1945

BRASIL. **Diretrizes Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 565p.

BRASIL. **Lei n. 9.9394, de 20 de dezembro de 1996**, estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza e suas tecnologias**. Brasília: MEC, SEB, 2006. 144p.

BRASIL. **Parâmetros Nacionais Comum Curriculares para o ensino médio**. Brasília: MEC, 2002. 132 p.

CADIOLLI, Luiz Paulo; SALLA, Luzia Dizulina. Nanotecnologia: um estudo sobre seu histórico, definição e principais aplicações desta inovadora tecnologia. *Revista Eletrônica de Ciências Exatas e Tecnologia*. v. 1, n. 1, 2006.

CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 101-113, 2005.

CARVALHO, A. B. **Introdução a Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino Médio**. 63 f. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

CASSIANO, C.C.F. **O mercado do livro didático no Brasil: do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD à entrada do capital internacional espanhol (1985-2007)**. 252 f. 2007. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHOPPIN, A. História Dos Livros e das Edições Didáticas: Sobre o Estado da Arte. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

COSTA, E. O.; SANTOS, J. C. O. Uma Proposta para o Ensino de Química Através da Abordagem CTSA: Uma Sequência Didática para a Temática Água. In: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA, 5., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2015.

COUTINHO, F. A. SOARES, A. G.; BRAGA, S. A. M.; Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o ensino médio. **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 3, 2010.

DAHER, D. C.; FREITAS, L. M. A.; SANT'ANA, V. L. Breve trajetória do processo de avaliação do livro didática de língua estrangeira para a educação básica no âmbito do PNLD. **Eutomia**, vol. 11, n. 1, 2013.

DURÁN, N.; ROLIM, W.; DURÁN, M.; FÁVARO, W.; SEABRA, A. **NANOTOXICOLOGY OF SILVER NANOPARTICLES: TOXICITY IN ANIMALS AND HUMANS**. *Química Nova*, v. 42, n. 2, 2019.

EDWARDS, S. "Who invented nano? The Nanotech Pioneers, Us". **Books & Arts**, v. 1, n. 1, 2006.

FARIA JÚNIOR, E. V. **Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS**. 113 f. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de física) – Universidade de Brasília, 2019.

FERNANDES, M. F. M.; FILGUEIRAS, C. A. L. Um panorama da Nanotecnologia no Brasil (e seus macrodesafios). **Química Nova**. São Paulo, v. 31, n. 8, p. 2205-2213, 2008.

FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Portal do MEC**, 2022a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/par/455-governo-1745665505/ogaos->

vinculados-627285149/20519-fnde-fundo-nacional-de-desenvolvimento-da-educacao. Acesso em: 27 jul. 2022.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.
FONTANA, F. Técnicas de Pesquisa. In: MAZUCATO, T. *et al.* **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico**. Penápolis: Funepe, 2018. p. 59-79.

GATTI, A. M.; MONTANARI, S. **Case studies in nanotoxicology and particle toxicology**. Elsevier, London, 2015.

GIL, A. C. Como elaborar um projeto de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
IGLESIAS, J. O. V.; PETRUCCI-ROSA, M. I. Tradições curriculares em “boxes” nos livros didáticos de biologia. **Ciências em Foco**, v. 9, n. 1, 2016.

ISO/TC 229: Nanotecnologias. Instituição Britânica de Padrões, 2005.

LÊDO, J. C. S. **Questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia**. 120 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Bioética) – Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2006.

LEITE, F. A.; WENZEL, J. S.; RADETZKE, F. S. Contextualização nos currículos da área de ciências da natureza e suas tecnologias. *Revista Contexto e Educação*, v. 35, n. 110, 2020.

LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**. RS: Unijuí, 2007.

LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação**. São Paulo: Cortez, 1994.

MARCONDES, R.; SILVA, D. V. O Livro Didático de Química, as LDB's e o PNLD: Quais suas Relações? **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 8, n. 1, 2022.

MARTINS, T. O.; EICHLER, M. L. Neurociências cognitivas no estudo do sistema nervoso: um olhar crítico por meio do livro didático de educação básica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, 2020.

OLIVEIRA, GUIMARÃES, S. D. P.; BOMÉNY, H. M. B. A. **A política do livro didático**. São Paulo: Sammus, 1984.

PNLD. **Portal do MEC**, 2022b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/318-programas-e-acoes-1921564125/pnld-439702797/12391-pnld>. Acesso em: 27 jul. 2022.

PRASAD, R.; BHATTACHARYYA, A.; NGUYEN, Q. D. Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and perspectives. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, 2017.

QUADROS, A.L.; LÉLIS, I. S. S.; FREITAS, M. L. A Construção de Explicações Por Estudantes a partir do uso de um Material Didático Temático. In: QUADROS, A. L.; DANTAS FILHO, F. F. (Org.). **Ações Construtiva em Química**: compartilhando experiências. Campina Grande: EDUEPB; São Paulo: Livraria da Física, 2015.

REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. M. L.; SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 1, 2012.
REIS, M. **Química**. Vol. 1. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2016.

ROCO, M. C. Nanotechnology – A Frontier for Engineering Education. **International Journal of Engineering Education**, v. 18, n. 5, 2002.

RSRAE. **Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties**. The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. 2004.

SANTOS FILHO, A., BARROSO, M. C.; SAMPAIO, C. Um diálogo entre a Filosofia e a Química: uma proposta didática para o ensino de atomística a partir do livro o Mundo de Sofia. **Revista Insignare Scientia**, v. 4, n. 6, 2021.

SANTOS, G. DOS; NIHEI, O. K. **Nanotecnologia no ensino de Ciências**: Interagindo o saber científico de ponta no Ensino Fundamental. **Cadernos PDE**, 2013.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química Cidadã**. vol. 2. 2. ed. São Paulo: AJS, 2016.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química Cidadã**. vol. 3. 2. ed. São Paulo: AJS, 2016.

SBALQUEIRO, G. R.; BALVEDI, L. T.; BETTIATO, R.; RIBAS, J. L. C. Uso da nanotecnologia para o desenvolvimento de fármacos. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v.12, n.10, 2018.

SCHULZ, P. Nanotecnologia – uma história um pouco diferente. **Ciência Hoje**, v. 308, 2013.

SHATKIN, J. A. **Nanotechnology: Health and Environmental Risks**. 20 ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013.

SILVA, C. R. O. **Metodologia e organização do projeto de pesquisa**: guia prático. Fortaleza: Editora da UFC, 2004.

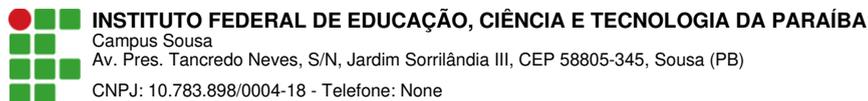
SILVA, D. A. Uso de metodologia ativa para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia (N&N) no ensino médio. **Revista Amazônica de Ensino de Física**, v. 1, n. 1, 2021.

SILVA, F. A.; LAVES, J. Q.; ANDRADE, J. J. O livro didático como documento histórico para análise do currículo de Química e Ciências. **Revista Triângulo**, v. 12, n. 1, p. 43–67, 2019.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 43, 2021.

SUART JÚNIOR, J. B.; STANZANI, E. L.; ZULIANI, S. R. Q. História da Química e livro didático: análise da produção de textos introdutórios por licenciandos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Santa Catarina. **Anais...** Santa Catarina: ED/SBQ, 2016.

TOMKELSKI, M. L.; SCREMIN, G.; FAGAN, S. B. Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. **Ciência e Educação**, v. 25, n. 3, 2019.



Documento Digitalizado Restrito

TCC

Assunto: TCC
Assinado por: Marcia Gomes
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcia dos Anjos Gomes, ALUNO (201518740227) DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - SOUSA**, em 28/03/2023 18:15:50.

Este documento foi armazenado no SUAP em 28/03/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 793222

Código de Autenticação: 144f4c181d

