

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: UMA ANÁLISE DOCUMENTAL A PARTIR DA BNCC

NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY: A DOCUMENTARY ANALYSIS FROM THE BNCC

César Teixeira Rodrigues e Mirleide Dantas Lopes

Universidade Federal de Campina Grande, rua Aprígio Veloso, 882. Bairro Universitário - CEP: 58429-140.
Campina Grande - Paraíba.

E-mails: cesar.teixeira@estudante.ufcg.edu.br; mirleide@df.ufcg.edu.br

Nos últimos anos, diversas tecnologias vêm sendo desenvolvidas a partir dos saberes científicos e elas influenciam diretamente a vida em sociedade. Neste ínterim, uma área do conhecimento cada vez mais presente no mundo vivencial é a Nanociência e a Nanotecnologia (N&N), temática essencialmente interdisciplinar, uma vez que envolve conhecimentos de diversas áreas como: a Física, a Química e a Biologia. Abordar temas contemporâneos em sala de aula pode viabilizar a compreensão dos discentes no tocante às tecnologias, que muitas vezes estão presentes no cotidiano, contribuindo assim com o processo de Alfabetização Científica (AC) destes estudantes. As descobertas tecnológicas também influenciam no desenvolvimento das legislações educacionais, dentre elas a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Em seu escopo, este documento visa a implementação de temas contemporâneos em sala de aula. Deste modo, a presente pesquisa tem como objetivo analisar de que forma a BNCC pode favorecer o ensino de N&N na educação básica. Essa investigação partiu de uma pesquisa documental, que resultou em uma análise da BNCC estruturada em três categorias, a saber: Interdisciplinaridade; Alfabetização Científica e Saberes Científicos. A partir desta análise foi constatado que a implementação da BNCC favorece a implementação da N&N na educação básica. Nos últimos anos esta abordagem já vem sendo realizada, mesmo que de forma incipiente. Por esta razão, objetiva-se que os resultados da pesquisa ora realizada possam orientar pesquisadores que trabalham com a temática, bem como estimular professores que atuam na educação básica a abordá-la.

Palavras-chave: Nanociência. Nanotecnologia. Alfabetização Científica. Interdisciplinaridade.

In the last few years, several technologies have been developed based on scientific knowledge and they directly influence our daily lives. In the meantime, an area of knowledge that is increasingly present in the experiential world is Nanoscience and Nanotechnology (N&N), an essentially interdisciplinary theme, since it involves knowledge from different areas such as: Physics, Chemistry and Biology. Addressing contemporary issues in the classroom can enable students to understand technologies, which are often present in everyday life, thus contributing to the process of Scientific Literacy (SC) of these students. Technological discoveries also influence the development of educational legislation, including the National Common Curricular Base (BNCC). In its scope, this document aims at the implementation of contemporary themes in the classroom. Thus, this research aims to analyze how the BNCC can favor the teaching of N&N in basic education. This investigation started from documentary research, which resulted in an analysis of the BNCC structured in three categories, namely: Interdisciplinarity; Scientific Literacy and Scientific Knowledge. Based on this analysis, it was found that the implementation of the BNCC favors the implementation of N&N in basic education. In recent years, this approach has already been carried out, even if in an incipient way. For this reason, the objective is that the results of the research carried out can guide researchers who work with the theme, as well as encourage teachers who work in basic education to approach it.

Keywords: Nanoscience. Nanotechnology. Scientific Literacy. Interdisciplinarity.

INTRODUÇÃO

Diversas áreas do conhecimento científico vêm se consolidando nos últimos anos, trazendo melhores resultados e abrindo novos horizontes para o desenvolvimento de produtos tecnológicos. Desta forma, nascem inúmeras inovações, causando grandes impactos na sociedade e muitas delas acabam fazendo parte do cotidiano dos indivíduos. Neste contexto, um ramo que vem se consolidando é a Nanociência e a Nanotecnologia (N&N). A Nanociência investiga fenômenos da matéria na escala atômica e molecular, já a Nanotecnologia é a aplicação destes conhecimentos, a fim de desenvolver materiais e técnicas nesta escala

(SCHULZ, 2013).

A Nanociência e suas aplicações mostram-se a cada dia mais difundidas no que diz respeito a novos materiais e compostos, tornando assim os produtos mais eficientes. Estas aplicações já estão presentes no cotidiano e os exemplos são muitos: protetores solares, telefones celulares, tecidos, cosméticos, medicamentos, dentre outros. Isto porque esta área do conhecimento tem sido incorporada em diversos setores como: a indústria química, a agricultura, a indústria automobilística e eletrônica (CLEBSCH; WATANABE, 2017).

Nesse cenário, o processo de alfabetização científica do estudante pode fazer com que ele se torne uma pessoa que compreenda a natureza das ciências e assim os conflitos éticos de sua prática (SASSERON; CARVALHO, 2011). Esta é uma forma de permitir que os indivíduos e futuros profissionais se posicionem de forma mais consistente em diversas situações do mundo vivencial. Pensando nesse contexto, a N&N é uma excelente via de acesso para favorecer a alfabetização científica.

As descobertas tecnológicas e suas respectivas aplicações também acabam impactando no desenvolvimento das legislações educacionais. Os documentos norteadores nacionais planejam uma educação que ampare uma formação em que o aluno seja capaz de lidar com o conhecimento científico. Com relação ao ensino de ciências, esses documentos recomendam a introdução de temas contemporâneos nos currículos escolares e, neste sentido, a Nanociência e Nanotecnologia se encaixam nessas características.

Abordar temas contemporâneos em sala de aula pode resultar na melhoria da aprendizagem do aluno, pois é no processo de contextualização dos conteúdos que o discente pode compreender que aquilo que ele estuda não está distante de sua realidade, ao contrário, está muito presente, uma vez que o mesmo faz uso de celulares, computadores, dentre outros aparelhos tecnológicos que são fabricados mediante o uso da N&N.

A Base Nacional Comum Curricular, documento no âmbito educacional recentemente implementado no Brasil, tem como recomendações temas contemporâneos para a educação básica (BRASIL, 2018). A Nanociência e a Nanotecnologia parecem se enquadrar nessa perspectiva e, a partir deste contexto, objetiva-se no presente trabalho investigar quais subsídios presentes na Base Nacional Comum Curricular podem favorecer a abordagem da Nanociência e da Nanotecnologia na Educação Básica. Acredita-se que tal análise possa servir de referência para o desenvolvimento de novas investigações no âmbito da N&N na escola, de forma contextualizada e interdisciplinar, atendendo especialmente o que é preconizado na BNCC.

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A busca do ser humano por novos conhecimentos vem causando grandes revoluções nas últimas décadas e, conseqüentemente, contribuindo com o desenvolvimento de toda a sociedade. É neste cenário que surge a N&N, prometendo aplicações tecnológicas inovadoras e vislumbrando novos paradigmas a partir de estruturas nanométricas.

O prefixo “nano” é de origem grega e quer dizer a bilionésima parte de alguma coisa (SCHULZ, 2005). Desta forma, nanômetro significa a bilionésima parte do metro. A área do conhecimento científico que estuda propriedades fundamentais de moléculas e estruturas nesta escala é denominada Nanociência, já a aplicação destes saberes é definida como Nanotecnologia. Em outras palavras, a Nanociência estuda fenômenos na escala atômica e molecular, assim como a manipulação de estruturas nesta escala; enquanto a Nanotecnologia é a concepção de estruturas nesta dimensão, com o intuito de se desenvolver novas tecnologias (SILVA; TOMA, 2018).

Segundo Silva e Toma (2018), alguns textos da literatura geralmente abordam um intervalo específico de 1 nm a 100 nm para definir a escala em que a Nanociência e a Nanotecnologia atuam. Porém, ao se tratar desta área do conhecimento científico, não se deve levar em conta apenas a dimensão dos nanomateriais, mas também as mudanças que eles podem exibir em suas propriedades, pois alguns materiais apresentam mudanças em suas propriedades quando atingem tamanhos maiores que 100nm. Na verdade, essa escala específica, compreendida entre 1nm e 100nm, é uma definição dada pela Comissão Europeia para designar nanomateriais em função da presença de partículas nestas dimensões (SCHULZ, 2013).

No que diz respeito à N&N, uma das primeiras motivações para se desenvolver materiais em escala nanométrica reside na possibilidade de aumentar o número de componentes eletrônicos, desenvolvendo, desta forma, dispositivos cada vez menores. Esta possibilidade de miniaturização leva a muitas aplicações tecnológicas.

O interesse em pesquisas relativas a esta área do conhecimento não está relacionado apenas à miniaturização dos materiais, o que de fato pode levar a uma série de aplicações, mas, como já mencionado, quando se trabalha na escala nanométrica, o mesmo material pode apresentar propriedades diferentes das que apresenta quando se encontra na escala macroscópica. Isto porque nas dimensões nanométricas as leis da Física são distintas das leis que regem os fenômenos cotidianos. Em decorrência disso, a mecânica quântica passa a determinar como ocorrem as interações nesta dimensão.

Dentre os diversos exemplos de mudanças de propriedades de materiais, quando se encontram em dimensões nanométricas, podemos destacar o ouro. Este material na escala macroscópica apresenta uma coloração muito conhecida, que é o dourado, mas quando ele tem suas dimensões reduzidas para a nanoescala, o ouro não apresenta mais as mesmas propriedades. Em decorrência disso, sua coloração varia em função do tamanho das nanopartículas que o compõe (GUAZZELLI; PEREZ, 2009).

Outro exemplo de mudança de propriedade, quando uma amostra é reduzida à escala nanométrica, ocorre com os materiais metálicos. Sabemos que estes materiais na escala macroscópica se comportam como condutores, mas quando são reduzidos à escala nanométrica, eles podem se tornar um material isolante (PIMENTA;MELLO, 2004).

Uma característica também importante dos nanomateriais reside no fato de que suas propriedades estão relacionadas à área superficial que eles apresentam. Isto é evidenciado quando um determinado material é reduzido da escala macro para a escala nano. Nesta situação, quanto mais for triturada uma amostra, mais evidentes serão os efeitos de superfície, em razão do aumento de sua área superficial total (PIMENTA; MELLO, 2004). Desta forma, a amostra irá dispor de uma maior área de contato via superfície, aumentando assim a intensidade das interações.

É possível fazer uma analogia com um comprimido efervescente. Se o comprimido estiver inteiro e for colocado em um copo com água, a interação desse comprimido com a água será menor do que quando ele estiver fragmentado, uma vez que a área do conjunto de partículas é maior que a área superficial do comprimido inteiro. A potencialização dos efeitos de superfície faz com que as nanoestruturas possuam uma grande quantidade de aplicações na indústria, comumente elas são utilizadas para aumentar a interação com uma determinada substância de interesse (ZANELLA; FAGAN; BISOGNIN, 2009).

As tecnologias, de um modo geral, são desenvolvidas à luz de diversas áreas do conhecimento científico e estão presentes no cotidiano das pessoas, não há como negar o impacto delas na vida cotidiana. A partir desta perspectiva, é importante refletir sobre como e se é possível levar o conhecimento científico presente no desenvolvimento destas tecnologias ao conhecimento da sociedade.

Geralmente, é na educação básica que os indivíduos têm os primeiros contatos com questões relacionadas à ciência. Sendo assim, através da escola é possível inserir temáticas voltadas ao desenvolvimento de novas tecnologias, como a N&N. Para tanto, é essencial que os professores incorporem cada vez mais as tecnologias em suas práticas.

Nos últimos anos, conteúdos relacionados à N&N paulatinamente vêm sendo contemplados nas escolas da educação básica. Comumente, quando ocorre algum tipo de aplicação nesse sentido, são realizadas através da participação de estudantes de graduação ou pós-graduação, a partir de projetos de pesquisa relacionados à educação (BERNARDO; FIGUEIREDO; LOPES, 2016). Muitos destes pesquisadores e estudantes desenvolvem metodologias e materiais para utilizar nas aulas de ensino de ciências do Ensino Médio, objetivando, a partir disto, aproximar os estudantes da Nanociência e da Nanotecnologia, o que aos poucos vem causando algumas transformações (BERNARDO, 2019).

A inclusão da N&N na educação básica pode ocorrer no Ensino Médio, através da Física Moderna e Contemporânea (FMC), conforme se destaca no seguinte trecho:

Pensando no ensino do tema: Nanociência e Nanotecnologia, nas escolas de ensino básico no Brasil, a Física, enquanto ciência e componente curricular, tem muito a contribuir com o entendimento do mesmo. Assim, seria papel, principalmente, mas não exclusivamente, dos professores de Física abordarem este tópico, o qual pode contemplar o conteúdo programático de FMC. (TONET; LEONEL, 2019, p. 439).

Leonel e Souza (2009) apontam que os conceitos relacionados à N&N envolvem diferentes áreas do conhecimento e talvez esse fato possa dificultar a implementação do tema em sala de aula. No entanto, o atual contexto educacional, regido pela BNCC, impulsiona o desenvolvimento de atividades que favoreçam a interação entre os componentes curriculares. Lima e Almeida (2012) afirmam que a N&N é um tema ainda pouco abordado na escola. Outro ponto que estas autoras destacam é a natureza interdisciplinar dessa área e a possibilidade de reacioná-la a inúmeros conceitos já abordados nas aulas da educação básica, dentre eles: as unidades de comprimento na Matemática, o magnetismo na Física e a estrutura do DNA na Biologia.

Os apontamentos apresentados reiteram que temas contemporâneos ainda são poucos abordados em sala de aula. Por outro lado, estes temas têm grande potencial para despertar o interesse dos estudantes. Deste modo, é importante reforçar a necessidade de trabalhá-los no âmbito escolar, uma vez que, ampliar o interesse dos estudantes continua sendo um importante desafio para o ensino de Física (MOREIRA, 2021).

Além da BNCC, diversos documentos norteadores da educação básica, em seu escopo, fazem a recomendação de abordar temas relevantes e atuais. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio, por exemplo, sugerem um conjunto de temas que podem ser inseridos pelo professor em suas aulas e dentre eles está a Nanotecnologia (BRASIL, 2006).

Com relação à inserção de tópicos como a N&N na educação básica, é importante entender o que os professores compreendem em relação a este tema e como essa abordagem pode ser inserida em sala de aula.

Na literatura existem artigos que tentam entender estas relações, como o trabalho de Tomkelski, Scremin e Fagan (2019).

Silva e Lopes (2015) apontam que alguns professores não percebem a relação entre a N&N e os conhecimentos trabalhados no ensino médio e destacam alguns pontos que podem justificar isso: a falta da discussão sobre a temática na formação inicial, a desmotivação para trabalhar com novos conhecimentos ou o desinteresse pelo assunto.

Como a N&N surge a partir da Física Moderna e Contemporânea, Ribeiro, Bezerra Júnior e Alves (2015) destacam que existe uma certa dificuldade em abordar tópicos nesta perspectiva em sala de aula, pois muitas vezes os professores não estão preparados com os recursos conceituais e didáticos necessários. Muito embora os temas de N&N estejam presentes em pesquisas recentes no ensino de Física, muitos professores não conhecem este tema para além das leituras de jornais e revistas de divulgação científica.

Nos últimos anos, os conceitos relacionados à N&N também vêm sendo abordados nos livros didáticos da educação básica. Este assunto foi tema de uma investigação realizada por Lisboa-Filho e Monteiro (2013). Os autores partiram de uma amostra inicial de 15 livros didáticos de Física do Ensino Médio. Após a apreciação destes, eles encontraram apenas dois livros que contemplavam a N&N. Estes autores concluíram que as abordagens sobre o tema encontram-se contempladas no contexto da Física Moderna e Contemporânea, sendo relacionadas à teoria quântica. Quanto ao conteúdo abordado, eles observaram que os livros descrevem vagamente a origem desta área do conhecimento e apontam algumas aplicações. Além disso, eles não identificaram neste material discussões sobre os possíveis riscos à saúde humana e ao meio ambiente que as aplicações tecnológicas associadas à N&N podem causar.

Recentemente, não foram encontrados artigos científicos atualizando essa discussão. No entanto, atualmente é possível identificar a N&N com maior frequência nos livros didáticos da educação básica, inclusive não necessariamente sendo relacionada à FMC (BONJORNO *et al.*, 2016). A abordagem vêm surgindo também no contexto das investigações sobre as escalas métricas, problematizando o termo “nano”, cuja compreensão é fundamental para o entendimento dos temas relacionados à temática.

Outro ponto que justifica a inserção da N&N nos currículos escolares é o fato dela está sendo abordada em exames vestibulares. Como trata-se de uma área interdisciplinar, as questões estão geralmente relacionadas a diferentes componentes curriculares, como a Física, a Química e a Biologia. O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), por exemplo, vem nos últimos anos incluindo em seu banco de questões assuntos relacionados a essa área do conhecimento. Conforme apontam Silva e Toma (2018), este exame trouxe termos como “nanotecnologia”, “nanopartículas” e “nanotubos” nas provas de ciências da natureza e suas tecnologias.

Diante desse contexto, fica notório que um dos grandes responsáveis por estas novas abordagens na educação básica é o professor, pelo seu importante papel de mediador na construção do conhecimento. Logo, é necessário desenvolver condições para que estes profissionais possam incorporar temas mais contemporâneos em suas aulas, como a N&N, uma vez que a temática pode contribuir para que os estudantes compreendam como funcionam as novas tecnologias e como elas influenciam a sociedade, otimizando assim a processo de alfabetização científica na educação básica, através da compreensão das relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade.

A educação tem como um dos objetivos oferecer aos indivíduos condições para que estes sejam capazes de exercer a cidadania. Desta forma, existem propostas relacionadas ao ensino de ciências que além de preocupar-se com os objetivos centrais da educação, também almejam formar cidadãos que consigam construir opiniões sobre as informações que estão a sua disposição e, a partir disso, sejam capazes de tomar decisões em situações que interferem sua vida.

As preocupações que visam a formação de estudantes em relação ao ensino de ciências vêm recebendo a atenção de pesquisadores da educação e da didática das ciências há alguns anos. Desta forma, existem diferentes denominações em relação ao ensino de ciências que objetiva formar estudantes que sejam capazes de se posicionar em situações cotidianas, utilizando aspectos das ciências. Desse modo, é possível encontrar na literatura diversos textos que respaldam essas variações no uso do termo que define um ensino de ciências que se mostra preocupado com a formação de alunos para a ação e atuação na sociedade. Estes termos variam, geralmente, entre Alfabetização, Letramento e Enculturação Científica (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Esta variação de termos surge quando se realiza a tradução de trabalhos da literatura estrangeira. No Brasil, este problema ganha novas proporções, pois a expressão inglesa *Scientific Literacy* vem sendo traduzida como Letramento Científico, enquanto as expressões espanhola (*Alfabetización Científica*) e francesa (*Alphabétisation Scientifique*), literalmente falando, significam Alfabetização Científica (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Uma análise realizada por Cunha (2018), a partir de alguns trabalhos da literatura brasileira, apontam praticamente as mesmas preocupações, conforme já mencionadas por Sasseron e Carvalho (2011). Além disso, tanto os que abordam a Alfabetização quanto os que trabalham com o termo Letramento Científico são influenciados pelas contribuições da sociologia das ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Autores como Cunha (2018), Bertoldi (2020), Santos (2007) estão interessados em fazer uma reflexão acerca das denominações e diferenciação em relação aos dois termos já mencionados. Esta discussão é muito importante, pois são terminologias que muitas vezes se confundem. Logo, é pertinente trazer algumas concepções a respeito do que eles concluíram, em suas investigações.

Partindo deste contexto, Bertoldi (2020) através de uma revisão da literatura, objetiva em primeiro lugar fazer uma distinção entre AC e LC. Em segundo lugar, busca, a partir dessa análise, entender como os autores da área da educação científica usam estes dois termos. Assim, Bertoldi (2020, p. 01) conclui que “enquanto para alguns autores trata-se de uma mera variação de denominação, para outros há uma diferença conceitual”.

Na mesma perspectiva, Cunha (2018), objetivando entender o que há em comum entre os autores que utilizam a AC e LC, também realiza uma revisão bibliográfica da literatura, almejando identificar o que há em comum entre esses dois grupos. Além disso, buscou identificar qual percepção estes autores possuem acerca destes dois termos. Desta forma, Cunha (2018, p. 01) conclui que “os que tratam de Alfabetização Científica consideram fundamental o ensino de conceitos científicos, os que optam por letramento priorizam, no ensino, a função social das ciências e das tecnologias e o desenvolvimento de atitudes e valores em relação a elas”.

Em uma revisão bibliográfica realizada por Gomes e Santos (2018), estes autores apresentam uma distinção de conceitos entre a Alfabetização e Letramento Científico. Para Gomes e Santos (2018), a AC relaciona-se com a “capacidade de compreender, utilizar e refletir sobre um tema, utilizando a linguagem científica”; enquanto o LC está associado ao momento em que um determinado indivíduo utiliza o

conhecimento científico de forma prática em sua vida em sociedade.

Para Santos (2007), também é pertinente fazer essa diferenciação entre AC e LC, pois, segundo ele, a AC tem sido considerada na acepção do domínio da linguagem científica, enquanto o LC tem sentido e uso na prática social. Cunha (2018) aponta que, no campo de pesquisas em ensino de ciências, o termo “Letramento” ainda não é muito difundido e, desta forma, predominam, em grande maioria, trabalhos que tratam da Alfabetização Científica, embora tenha sido relevante a contribuição de pesquisadores que abordam o Letramento Científico.

METODOLOGIA

Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa é de natureza básica, pois conforme aponta Prodanov e Freitas (2013), este tipo de pesquisa tem como finalidade gerar novos conhecimentos úteis para o avanço da Ciência, sem a previsão de aplicações práticas imediatas, definição que caracteriza a problemática ora investigada.

Dentre os procedimentos da pesquisa básica, destaca-se a análise documental, também utilizada neste trabalho. Este tipo de análise é equivalente à pesquisa bibliográfica, no entanto, Gil (2010) destaca que a diferença entre as duas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica tem como característica as contribuições de vários autores acerca de um assunto de interesse, a pesquisa documental investiga documentos classificados em dois tipos de fontes: primárias e secundárias. As fontes primárias são aquelas que não receberam nenhum tratamento analítico, tais como: documentos oficiais e cartas. Já as fontes secundárias seriam as que já foram analisadas, entre elas: relatórios de pesquisa e relatórios de empresa. A pesquisa documental apresenta diversas vantagens. A primeira delas reside no fato de que os documentos a serem analisados apresentam uma fonte rica e estável de dados, outra vantagem é que não exige contato com sujeitos da pesquisa.

Quanto à forma de abordagem do problema, trata-se de uma investigação qualitativa. Segundo Prodanov e Freitas (2013), neste tipo de abordagem é usual a interpretação dos fenômenos e atribuição de significados a eles. A pesquisa qualitativa não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. Desta forma, o pesquisador coleta os dados para a pesquisa diretamente de seu ambiente natural.

Caracterização da Fonte

Conforme mencionado, o objeto de pesquisa a ser investigado neste trabalho é a BNCC, caracterizada aqui como fonte primária (GIL, 2010). Este documento tem caráter normativo e elenca aprendizagens essenciais que devem ser desenvolvidas longo das etapas da educação básica, sendo trabalhadas por meio das habilidades e competências previstas. É importante destacar que a base não consiste em um currículo, porém se apresenta como uma ferramenta capaz de orientar as escolas de cada região, considerando as particularidades metodológicas, sociais e regionais de cada instituição.

Na BNCC as habilidades são caracterizadas por um código alfanumérico cuja composição pode ser representada por: EM13CNT104. Neste exemplo, o primeiro par de letras (EM) indica a etapa do Ensino Médio; o primeiro par de números (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio; a segunda sequência de letras (CNT) indica a área (três letras) ou o componente curricular (duas letras); por fim, os últimos números indicam primeiramente a competência (1), e os seguintes a habilidade vinculada a esta competência. Desta forma, seguindo este critério, o código

supracitado, refere-se a quarta habilidade proposta na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, relacionada à competência específica 1, que pode ser desenvolvida em qualquer etapa do Ensino Médio, de acordo com as definições curriculares de cada rede de ensino (BRASIL, 2018).

Como a BNCC consiste em um documento relativamente novo, é fundamental que sejam feitas investigações em diferentes aspectos deste material, para que os resultados sirvam de base para outros pesquisadores e professores que atuam da educação básica

Metodologia de Análise

Para o tratamento dos dados levantados, foi realizada uma análise de conteúdo, metodologia em muito utilizada no âmbito das pesquisas qualitativas e que basicamente se estrutura em três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento de dados (BARDIN, 2002).

A pré-análise é a etapa em que se faz a escolha dos documentos, a formulação de hipóteses e a preparação do material para a análise. Nesta primeira fase, foi realizada uma leitura do texto da BNCC, especialmente dos capítulos 1 e 2, que dispõem sobre a Introdução e Estrutura do documento; do capítulo 4.3, referente à área de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental; e do capítulo 5, mais especificamente do item 5.3, que versa sobre a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A exploração do material consiste na análise, envolvendo a escolha das unidades, a enumeração e a classificação. Neste momento, foi observada a maneira como a BNCC, de um modo geral, trata a interdisciplinaridade e a Alfabetização Científica, especialmente no que diz respeito ao ensino de ciências. Em seguida, foram realizadas leituras procurando inicialmente por palavras que envolvessem o termo “nano”. Por fim, foi feita uma leitura detalhada das competências e habilidades previstas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio, buscando averiguar quais delas poderiam amparar o ensino de N&N no Ensino Médio. A partir disso, foram definidas três categorias de análise a serem investigadas nesta pesquisa, a saber:

Interdisciplinaridade: A escolha desta categoria justifica-se pela própria natureza da BNCC, uma vez que ela apresenta os conhecimentos relativos a diferentes disciplinas, como a Física, a Química e a Biologia, integradas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, similar ao que ocorre com a N&N.

Alfabetização Científica: Observou-se que a BNCC de forma muito frequente e contundente estimula a abordagem de novas tecnologias em sala de aula, incentivando práticas que integrem os conhecimentos científicos à vida cotidiana dos estudantes. Sendo a N&N já bastante presente na vida em sociedade, acredita-se que ela tenha suporte nesta categoria.

Saberes científicos: Como a BNCC no Ensino Médio é constituída por competências e habilidades específicas para cada área do conhecimento, que são trabalhadas por meio dos saberes científicos, é possível identificar entre esses saberes aspectos que podem viabilizar a abordagem da N&N, através da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A última etapa da análise de conteúdo, que é caracterizada pelo tratamento dos dados, foi realizada através de um diálogo com o referencial teórico, trazendo assim mais robustez às informações analisadas. Entretanto, observou-se que artigos referentes à N&N na educação básica ainda são escassos, bem como pesquisas envolvendo a BNCC.

ANÁLISES E DISCUSSÕES

Intedisciplinaridade

De modo explícito, a interdisciplinaridade é pouco discutida na BNCC, no entanto, em uma leitura da introdução deste documento, encontramos um diálogo referente à temática, que aparece explicitamente no seguinte trecho:

Decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem (BRASIL, 2018, p. 16).

Este tema surge quando é feita uma discussão sobre a necessidade de se adaptar os currículos à realidade de cada sistema ou rede de ensino, uma vez que abordagens interdisciplinares estão diretamente vinculadas aos processos de contextualização dos componentes curriculares (CAMAS; LAMBACH; SOUZA, 2021).

Em uma leitura mais atenta da BNCC, observa-se que essa perspectiva interdisciplinar permeia todo o documento, manifestando-se através de sua estrutura. Neste sentido, percebe-se que na parte do ensino médio o documento não é dividido em componentes curriculares, mas em itinerários formativos, quais sejam: linguagens e suas tecnologias, matemática e suas tecnologias, ciências da natureza e suas tecnologias e ciências humanas e sociais aplicadas (BRASIL, 2018).

A área Ciências da Natureza e suas Tecnologias é formada por meio de um olhar articulado entre a Biologia, a Física e a Química. De toda forma, fica evidente que esta articulação não exclui os saberes específicos de cada disciplina, ao contrário, propõe um trabalho integrado entre elas. Esse viés de integração entre as disciplinas é também amplamente abordado na N&N.

No âmbito educacional, ao tratar de assuntos relativos à N&N, também é possível relacionar diferentes disciplinas para abordar um determinado conceito ou tecnologia em sala de aula. Como aponta Fazenda (1979), a interdisciplinaridade representa um resgate de restauração de diálogo entre as disciplinas, especificamente no campo educacional, podendo não apenas servir para responder problemas sociais, como também para evidenciar que os saberes não são fragmentados, nem compartimentalizados.

Posto isso, observa-se que a própria estrutura da BNCC favorece a abordagem da N&N, pois ambas são essencialmente interdisciplinares. Partindo desta perspectiva, é possível afirmar que ao trabalhar esta temática, necessariamente, adentra-se na perspectiva interdisciplinar e, conseqüentemente, a integração disciplinar proposta pela BNCC é contemplada. Desta forma, umas das maneiras de se implementar a N&N na educação básica seria através de projetos interdisciplinares, a partir dos quais é possível integrar diferentes áreas do conhecimento (PISTOIA; ELLAWANGER; FAGAN, 2017).

Alfabetização Científica

Abordar assuntos vinculados às tecnologias na educação básica é importante para que os alunos tenham conhecimento de como elas funcionam e de que forma impactam a sociedade. Tais preocupações se inserem no contexto da Alfabetização Científica. No entanto, é importante ressaltar que a BNCC utiliza apenas o conceito de Letramento Científico, não fazendo menção à AC. Todavia, foi observado a partir dos referenciais analisados, que tais conceitos estão diretamente vinculados e, apesar de não citar diretamente a AC, a base faz várias referências a ela.

Na BNCC, o termo Letramento Científico surge primeiramente na área de Ciências da Natureza, na etapa do Ensino Fundamental, com a seguinte definição “envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (BRASIL, 2018, p. 321). Este documento aponta que o Letramento Científico deve ser iniciado no contexto do ensino fundamental. A BNCC preconiza ainda que, “aprender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania” (BRASIL, 2018, p. 547).

É importante destacar que a Alfabetização Científica/Letramento Científico é um processo, podendo ser iniciado desde os primeiros anos da educação básica, mas que deverá ser aprimorado no decorrer de toda a vida.

O termo Letramento Científico também aparece explicitamente na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que é voltada para o Ensino Médio. Neste caso, o documento problematiza o fato de poucas pessoas saberem colocar em contexto os conceitos científicos, objetivando resolver seus problemas cotidianos. O termo aparece também quando é discutida a necessidade de se trabalhar linguagens específicas para abordar os conceitos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e assim viabilizar o processo de LC. Neste momento é evidente que apesar de citar a LC, a discussão apresentada se relaciona bem mais à AC.

Em se tratando das competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, há uma preocupação evidente em relação à Alfabetização Científica/Letramento Científico dos estudantes, como é possível observar explicitamente na competência 3:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BNCC, 2018, p. 558).

Além dessa discussão, nas competências gerais da educação básica, previstas na BNCC, foram identificadas algumas premissas que estão diretamente relacionadas à ideia de Alfabetização Científica. Neste sentido, dentre as 10 competências gerais que a BNCC assegura que os estudantes desenvolvam, é possível destacar as competências de número 2, 4 e 7.

A competência número 2 refere-se à utilização da abordagem própria das ciências, tais como, a investigação e a reflexão, para resolver problemas tecnológicos. Isto evidencia que elaborar hipóteses, fazer análise crítica, formular e resolver problemas tecnológicos, viabiliza a formação de um cidadão alfabetizado cientificamente.

A competência número 4 fala sobre a utilização de diferentes linguagens, incluindo a científica, para se expressar e compartilhar ideias e informações, em diferentes momentos, para uma melhor compreensão do mundo, o que em muito se relaciona à ideia de AC.

A competência número 7 aborda a argumentação com base em informações fiáveis, para uma tomada de decisões que respeite a consciência socioambiental, bem como um bom posicionamento em relação ao mundo vivencial. Partindo desta competência, um indivíduo que identifique informações confiáveis e consiga fazer uma análise crítica, lançando mão de abordagens da ciência em seu mundo vivencial, será capaz de compreender que muitas das tecnologias têm seus aspectos negativos e positivos.

Como é possível constatar, a BNCC se preocupa com uma formação na qual o estudante faça uma leitura do mundo em que vive, a partir de concepções pautadas nas ciências e este processo deve ter início já nas séries iniciais da educação básica. Além disso, em relação às competências gerais identificadas, é possível afirmar que a BNCC interessa em formar um indivíduo que seja capaz de atuar e transformar sua realidade.

Deste modo, o processo de Alfabetização Científica/Letramento Científico, muito abordado na BNCC, é um caminho que pode levar o estudante a lidar com os aspectos tecnológicos que estão a sua volta. Nesta perspectiva, é possível afirmar que a BNCC viabiliza a implementação da N&N na educação básica, uma vez que as aplicações relativas a esta área do conhecimento já fazem parte da vida cotidiana dos estudantes e eles precisam compreendê-las melhor, à luz das ciências. Além disso, através de um posicionamento crítico e argumentativo, é provável que o discente seja capaz de compreender as questões positivas e negativas alusivas às ciências e, desta forma, melhor se posicionar em uma situação de tomada de decisão no contexto em que vive.

Saberes Científicos

A BNCC comporta um conjunto de competências e habilidades que devem ser desenvolvidas por meio de saberes científicos. Neste sentido, buscou-se inicialmente identificar o prefixo “nano” na BNCC, porém ele só foi encontrado em um trecho, com uso um tanto equivocado, na área referente às Linguagens e suas Tecnologias:

Diversificar, ao longo do Ensino Médio, produções das culturas juvenis contemporâneas (slams, vídeos de diferentes tipos, playlists comentadas, raps e outros gêneros musicais atc), minicontos, nanocontos, best-sellers, literaturas juvenis brasileira [...] (BRASIL, 2018, p. 526).

Como é possível observar, a palavra nanocontos pode remeter a uma interpretação incorreta e comprometer a compreensão da escala nanométrica. Conforme já mencionado, o prefixo “nano” é de origem grega e indica a bilionésima parte de algo (SCHULZ, 2005). No âmbito científico, este termo estaria indicando um conto na escala nanométrica, no entanto, é importante deixar claro que não é possível enxergar materiais que tenham essa dimensão, portanto seria impossível realizar a leitura deste suposto nanoconto sem a utilização de um microscópio específico. Exemplos de poemas na escala nanométrica já foram registrados na literatura, estessim seriam nanopoesmas, tecnicamente falando (TOSIN, 2017).

É compreensível que a pretensão do documento talvez tenha sido se referir a um conto muito pequeno, porém a ideia desta discussão é evidenciar o fato de que a utilização inapropriada de termos científicos pode comprometer o entendimento de determinados conceitos relativos às áreas das ciências. Situações semelhantes a estas são relativamente comuns, no entanto, equivocadas do ponto de vista científico, a exemplo da utilização do termo *nanochip*.

Em se tratando, especificamente, da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, observa-se que ela é estruturada em três competências específicas, cada uma vinculada a um conjunto de habilidades, que buscam desenvolver “atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2018, p. 08). Nesta análise, foi possível identificar uma habilidade referente à competência específica 1 e cinco relacionadas à competência específica 3, a partir das quais os conceitos relativos à N&N podem ser abordados.

A competência específica 1 da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias tem como finalidade analisar os fenômenos naturais e processos tecnológicos para propor ações com o intuito de minimizar os impactos socioambientais. Após uma leitura atenta das habilidades referentes a esta competência, foi identificada uma habilidade (EM13CNT104), a partir da qual é possível trabalhar junto aos estudantes a capacidade de avaliar a toxicidade de determinados tipos de materiais, seus benefícios e riscos à saúde e ao meio ambiente. Neste sentido, a discussão sobre a N&N seria extremamente pertinente, uma vez que nanomateriais podem ser mais tóxicos do que quando estão em suas versões macroscópicas (SILVA *et al.*, 2014). Quando um determinado material se encontra na escala “nano” ele possui uma maior superfície de contato, conseqüentemente, apresenta uma maior reatividade química e atividade biológica, quando comparado as suas versões originais.

As propriedades dos nanomateriais também podem fazer com que eles tenham uma maior biodisponibilidade do que quando estão em sua forma original, dado que, na escala atômica e molecular, estes materiais podem ser mais facilmente absorvidos pela pele e corrente sanguínea (GUAZZELLI; PEREZ, 2009).

A competência específica 3 tem como finalidade, a partir dos conhecimentos científicos e tecnológicos, avaliar situações problemas e suas implicações no mundo. Através da análise desta competência, foi possível identificar algumas habilidades que dialogam com a N&N. Dentre elas, a EM13CNT303, que dispõe sobre a interpretação de textos que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, visando a seleção de fontes confiáveis de informação.

Por meio desta habilidade, o estudante pode adquirir a destreza de identificar e filtrar informações. Ela é muito relevante, principalmente no cenário contemporâneo, permeado de informações falsas e pseudociências. O seu desenvolvimento pode contribuir para que o discente consiga interpretar textos relativos a assuntos científicos e assim ser capaz de se posicionar melhor diante de informações equivocadas, como a ideia de que nanorrobôs estão sendo desenvolvidos para destruir a vida na Terra (GIRI; MADDAHI; ZAREINIA, 2021).

Outra habilidade identificada foi a EM13CNT304. Ela propõe discussões sobre questões relativas às áreas das ciências da natureza que sejam controversas, a partir de diferentes pontos de vista e da argumentação. Tais discussões podem ser realizadas com os estudantes, envolvendo conceitos relativos à N&N, pois esta área apresenta muitas questões que ainda são bem controversas.

Por meio da habilidade EM13CNT06 também é possível estabelecer um diálogo com a N&N, pois ela tem como intuito avaliar algumas atividades cotidianas, a partir dos conhecimentos relativos às Ciências da Natureza. Neste sentido, muitas empresas costumam fazer uso de termos científicos em suas marcas, a exemplo do prefixo “nano”, para agregar valor aos seus produtos. A habilidade citada pode sugerir uma reflexão sobre a apropriação destes termos. Sendo assim, é importante levar este tipo de discussão para a sala de aula, pois é fundamental debater e refletir se de fato tais produtos realmente são decorrentes de desenvolvimentos no âmbito da Nanotecnologia.

A História revela que o uso indiscriminado de novas tecnologias, sem a devida regulamentação, pode envolver riscos tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente. Novos produtos contendo materiais em nanoescala, não regulamentados e não rotulados, chegam ao mercado diariamente. Nesse sentido, é importante que um indivíduo, a partir de conhecimentos das ciências da natureza, consiga interpretar e problematizar esse contexto, impulsionando assim a criação de legislações que regulamentem a utilização da N&N

(GUAZZELLI; PEREZ, 2009).

As propriedades peculiares dos nanomateriais os tornam viáveis para serem utilizados em diferentes aplicações tecnológicas. Deste modo, a habilidade EM13CNT307 dialoga muito bem com esta perspectiva, ao apresentar a seguinte assertiva: “Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano” (BRASIL, 2018, p. 559).

Os nanomateriais mais investigados atualmente são constituídos por átomos de carbono (BERNARDO; LOPES; AZEVEDO, 2018). Este elemento possui muitas variedades alotrópicas, ou seja, ele se liga de forma diferente, dando origem a materiais distintos, dentre eles: grafeno, grafite, nanotubos de carbono, fulerenos e outros (OLIVEIRA; ZARBIN, 2013). Esta discussão pode ser levada para a sala de aula da educação básica e ganha suporte na habilidade EM13CNT307.

Por fim, foi destacada a habilidade EM13CNT309, que tem como finalidade:

Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais (BRASIL, 2018, p. 560).

A N&N, assim como toda área de investigação com aplicação em potencial, apresenta aspectos positivos e negativos, especialmente quando envolve questões ambientais. No entanto, esta área também pode contribuir com o enfrentamento de problemas ambientais, tais como a escassez de materiais. Um dos métodos de obtenção de nanomateriais é conhecido como *botton-up*, do inglês, de baixo para cima. Nele, os materiais não são desperdiçados, pois, em tese, novos produtos seriam construídos molécula por molécula, beneficiando assim o meio ambiente (SCHULZ, 2005).

Com a N&N é possível viver em mundo sem escassez, através da reciclagem em nível molecular. Hoje em dia muitos produtos são descartados diariamente em lixões, com a N&N reciclar equipamentos e construir novos eletrônicos poderia ser uma tarefa feita a partir dos materiais encontrados nesses lixões. Deste modo, seria possível reciclar muitos equipamentos descartados de forma mais eficiente, o que contribuiria para a economia de recursos e escassez de materiais que não são renováveis.

A partir da análise ora realizada, conclui-se que é perfeitamente possível construir um currículo que aborde questões relativas à N&N na escola, uma vez que, entende-se que a BNCC viabiliza o desenvolvimento de abordagens que problematizam esta área do conhecimento científico na educação básica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na pesquisa documental, feita a partir da BNCC, foram elencadas três categorias a serem investigadas, quais sejam: a Interdisciplinaridade, a Alfabetização Científica e os Saberes Científicos. A partir de então, concluiu-se que é possível fundamentar a implementação da N&N na educação básica.

Constatou-se que na BNCC a interdisciplinaridade é pouco discutida explicitamente, aparecendo apenas em uma discussão sobre a necessidade de adaptação dos currículos. No entanto, a partir dessa análise, torna-se perceptível que a própria estrutura da BNCC é interdisciplinar. Esta perspectiva encontra-se em consonância com a N&N, que também é essencialmente interdisciplinar e portanto encontra respaldo neste documento.

Uma das preocupações evidentes na BNCC é formar indivíduos que sejam capazes de estabelecer relações críticas acerca de seu mundo vivencial, a partir de conceitos relativos às ciências da natureza. Tal inquietação viabiliza a abordagem da N&N na educação básica, uma vez que esta temática já se insere na realidade dos estudantes e pode ser trabalhada a partir deste contexto, buscando assim promover a AC dos discentes.

A BNCC é constituída por habilidades que devem ser desenvolvidas a partir do que foi definido por Saberes Científicos. Desta forma, foram identificadas seis habilidades, relacionadas às competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, por meio das quais foi possível estabelecer um diálogo com a N&N, abordando questões como: as propriedades dos materiais, toxicidade, utilização de novas tecnologias, precauções com o meio ambiente, entre outras.

Os resultados obtidos através da análise realizada, especialmente no que diz respeito aos Saberes Científicos, apontam para a necessidade de continuação destas investigações, por meio da elaboração de sequências de ensino que efetivamente abordem estes saberes na sala de aula. Como a N&N está sendo paulatinamente inserida na educação básica, já presente inclusive em livros didáticos, objetiva-se que os dados levantados possam orientar investigações realizadas por outros pesquisadores e professores, uma vez que na literatura o número de trabalhos que abordam esta temática ainda é incipiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo – SP: Edições 70, 2002.

BERNARDO, G. A. M. **A Ciência do surpreendente pequeno: uma sequência didática para a nanociência e nanotecnologia no ensino médio**. Trabalho de Conclusão de curso (Licenciatura em Física) – Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2019.

BERNARDO, G. A. M.; LOPES, M. D.; AZEVEDO, S. A. F. **Estudo teórico sobre as propriedades eletrônicas de nanoestruturas de carbono e h-BN**. Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza. p. 71-81, 2018.

BERNARDO, G. A. M.; FIGUEIREDO, G. A.; LOPES, M. D. Nanociência e nanotecnologia no ensino de física: um diálogo possível. *In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 16; 2016, Natal/RN. **Anais...** Natal/RN, 2016.

BERTOLDI, A. “Alfabetização Científica” Versus “Letramento Científico”: um problema de denominação ou uma diferença conceitual? **Revista Brasileira de Educação**, v. 25, p. 1–17, 2020.

BONJORNO, J.R.; RAMOS, C.M.; PRADO.; BONJORNO, V.; BONJORNO, M.A.; CASEMIRO, R.; BONJORNO, R.F.S.A. **Física: Mecânica**. v.1. São Paulo: FDT: 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza**,

matemática e suas tecnologias. 2. ed. Brasília: Secretaria da Educação Básica, 2006. 135 p 56. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. MEC, 2018. Brasília, DF, 2018. Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

CAMAS, N. P. V.; LAMBACH, M.; SOUZA, F. R. A. Interdisciplinaridade e Alfabetização Científica: um ensaio sobre os dois lados da mesma moeda. **Ensino em Re-Vista**, v. 28, n. 17, 2021.

CLEBSCH, A.B.; WATANABE, M. Abordagem Da Nanociência E Nanotecnologia a Partir Da Escala. **Renote – Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2017.

CUNHA, R. B. O que significa alfabetização ou letramento para os pesquisadores da educação científica e qual o impacto desses conceitos no ensino de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, n. 1, p. 27–41, 2018.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Integração e interdisciplinaridade no ensino Brasileiro: efetividade ou ideologia**. 6.ed. São Paulo: Loyola, 1979.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo – SP: Atlas, 2010.

GIRI, G.; MADDAHI, Y.; ZAREINIA, K. A Brief Review on Challenges in Design and Development of Nanorobots for Medical Applications, **Applied Sciences**, v. 11, n. 10385, 2021.

GOMES, V.; SANTOS, A. C. Perspectivas da alfabetização e letramento científico no Brasil: levantamento bibliométrico e opinião de profissionais da educação do ensino fundamental I. **Scientia Plena**, v. 14, n. 5, p. 1–18, 2018.

GUAZZELLI, M. J.; PEREZ, J. Nanotecnologia: A manipulação do invisível. **Novas Tecnologias**, p. 44, 2009.

LEONEL, A. A.; SOUZA, C.A. Nanociência e Nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e técnica. **In: Encontro Nacional de Pesquisas em educação em ciências**, 7, 2009, Florianópolis. Florianópolis. 2009.

LIMA, M. C. A.; DE ALMEIDA, M. J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 2012.

LISBOA-FILHO, P. N.; MONTEIRO, M. A. Nanotecnologia e Nanociência em livros didáticos de física do nível médio: discussão sobre a tecnologia e a educação científica e tecnológica. **Revista de Física**, n.46, p.126-142, 2013.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 43, suppl. 1, 2021.

OLIVEIRA, M. M.; ZARBIN, A.J.G. NANOESTRUTURA DE CARBONO (NANOTUBOS, GRAFENO): QUO VADIS?. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1533–1539, 2013.

PIMENTA, M. A.; MELO, C. P. Nanociências e Nanotecnologia. **Ciência e Natura**, v. 29, p. 9–20, 2004.

PISTOIA, R. P.; ELLAWANGER, A. L. FAGAN, S.B. O Ensino de Nanociências via Hidrofobicidade por meio de Módulo Didático Pedagógico. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–14, 2017.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo – RS: Feevale, 2013.

RIBEIRO, T. R.; BEZERRA JÚNIOR, A. G.; ALVES, J. A. P. Inserção de tópico de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociência. **In: X ENPEC**

– X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, p. 1–8, 2015.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v.12, n. 36, p. 474–492, 2007.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigação em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SCHULZ, P. A B. O que é Nanociência e para que serve a Nanotecnologia? **Física na Escola**, v. 66, p. 2–6, 2005.

_____, P. A. B. Nanomateriais e a interface entre nanotecnologia e ambiente. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia – Visa em Debate**, v. 1, n. 4, p. 53–58, 2013.

SILVA, P.R.; LOPES, J.G.S. Nanociência, Nanotecnologia e Ensino de Ciências: um tema a ser discutido na formação de professores. **In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, 2015, Águas de Lindóia-São Paulo.2015.**

SILVA, D.G.; TOMA, H.E. **Nanotecnologia para todos!** Cartilha Educativa para Divulgação e Ensino da Nanotecnologia, 2018.

SILVA, L. H.; VIANA, A. R.; BALDISSERA, M. D.; NASCIMENTO, K.; SAGRILLO, M. R.; LUCHESE, C. Revisão Bibliográfica sobre as Relações entre Nanomateriais, Toxicidade e Avaliação de Riscos: A Emergência da Nanotoxicologia. **Disciplinarum Scientia**, v. 15, n. 1, p. 19-30, 2014.

TOMKELSKI, M.L.; SCREMIN, G.; FAGAN, S. B. Ensino de Nanociência e a nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. **Ciênc. Educ., Bauru**, v.25, n.3, p. 665–683, 2019.

TONET, M. D.; LEONEL, A. A. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 431–456, 2019.

TOSIN, G. Nanopoema Infinitozinho: Relato e Reflexões sobre uma experiência de poesia experimental brasileira. **Revista técnico- Científica das Faculdades Atibaia**, p.1-16, 2017.

ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V. Abordagens em Nanociência e Nanotecnologia Para o Ensino Médio. **In: XVIII SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1–9, 2009.