

A nanociência nos livros didáticos de química: um olhar na perspectiva da alfabetização científica

Nanoscience in Brazilian chemistry schoolbooks: a look from the perspective of scientific literacy

José Lopes Neto

Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP
lopes.neto@unifesp.br

Lucinéia Ferreira Ceridório

Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP
lceridorio@unifesp.br

Resumo

A tecnologia em escala nano vem sendo cada vez mais incorporada a produtos e processos, não sendo raro um estudante se deparar com esse contexto. Assim é relevante tratar tópicos relacionados à nanociência e nanotecnologia (NN) junto aos conteúdos na educação básica. No ambiente escolar, o livro didático é um material de forte influência na prática de ensino, com tradição histórica na educação brasileira. Nesse sentido, este estudo buscou analisar as abordagens dos conceitos de NN nos livros didáticos em diferentes categorias de alfabetização científica propostas por Shen, sendo: alfabetização científica prática, cívica e cultural. A pesquisa com caráter qualitativo, por análise documental, teve como fontes primárias todas as coleções de livros didáticos de química aprovadas no Programa Nacional do Livro Didático de 2018, com busca e análise textual de conteúdos relacionados ao tema. Nas seis coleções analisadas, termos relacionados ao objeto de estudo foram encontrados em média nove vezes em cada coleção, em contextos caracterizados predominantemente na categoria de alfabetização científica prática, seguido pela cultural e cívica. Em suma, o estudo mostra que ainda que considerado pouco, a NN vem sendo incorporada ao principal recurso didático da sala de aula por autores de livros didáticos de química, principalmente nas categorias prática e cultural. A alfabetização científica cívica foi a categoria menos presente nos livros, no entanto sua presença, ainda que incipiente, demonstra o posicionamento de alguns autores com relação às implicações sociais, políticas e ambientais para o desenvolvimento de reflexão de cidadãos críticos.

Palavras-chave: alfabetização científica; nanociência e nanotecnologia; livro didático, química; PNLD.

Abstract

Nanoscale technology has been increasingly incorporated into products and processes, it is not uncommon for a student to come across this context, therefore, it is relevant to address topics related to nanoscience and nanotechnology (NN) together with the contents in the basic education. In the school environment, textbooks are a material with a strong influence on teaching practice, with a historical tradition in Brazilian school education. In this sense, this

study develops a reflection on how the concepts of NN are treated in textbooks in different categories of the scientific literacy proposed by Shen, namely: practical, civic and cultural. The qualitative research, by document analysis, had as primary sources all the collections of chemistry textbooks approved in the Brazilian National Textbook Program of 2018, with search and textual analysis of content related to the theme. In the six unique collections, terms related to the object of study were found on average or nine times in each collection, in contexts characterized mainly in the practical scientific literacy category, followed by culture and civic. In short, the study shows that NN has been incorporated into the main didactic resource in the classroom of authors of chemistry textbooks, mainly practical and cultural. Civic scientific literacy was the least present category in the books, however, although incipient, it demonstrates the position of some authors in relation to the social, political and environmental implications for the development of critical citizens' reflection.

Key words: scientific literacy; nanoscience and nanotechnology; textbooks, chemistry.

Fundamentação Teórica e Objetivos

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de instrumental apropriado para observar e manipular elementos em escala nanométrica foi responsável pelo impulso e surgimento de novas tecnologias com sua carga de promessas e incertezas, assim a nanotecnologia, definida como a engenharia de materiais a partir de átomos e moléculas, com a manipulação e reorganização de nanopartículas, se estabelece com significativo potencial de inovações e soluções de problemas (MURRIELO, CONTIER e KNOBEL, 2006).

A abordagem de temas de NN na educação básica oferece aos professores um novo instrumento para trazer ciência e tecnologia em sala de aula, promovendo uma melhor formação e colaborando para que os estudantes progridam em sua existência (CHANG, 2006; JACKMAN, 2016; REBELLO, 2012).

Embora os conhecimentos de NN possam ser abordados em diferentes disciplinas escolares e de forma interdisciplinar, esse estudo foi direcionado a química, uma vez que é nessa disciplina que, em geral, trata-se a síntese e caracterização dos nanomateriais. A química integra a perspectiva macroscópica e o enfoque atômico molecular, sendo imprescindível para o conhecimento e controle das conexões existentes entre estruturas, propriedades e aplicações (ZARBIN, 2007). Integrar conceitos de NN ao ensino possibilita entender diversos processos, permitindo uma visão da química como ciência atual.

O presente trabalho teve como objeto de estudo os livros didáticos, uma vez que entre os recursos didáticos utilizados, o livro didático é um material de forte influência na prática de ensino brasileira, muitas vezes, servindo como bússola na orientação de conteúdos, sua sequência, as atividades de aprendizagem e no processo avaliativo. Esse material ainda hoje tem sido muito utilizado pelos professores da mesma forma como apontado no final do século anterior por Freitag et al. (1978, p.16):

O livro didático tem assumido a primazia entre os recursos didáticos utilizados na grande maioria das salas de aula do Ensino Básico. Impulsionados por inúmeras situações adversas, grande parte dos professores brasileiros o transformaram no principal ou, até mesmo, o único instrumento a auxiliar o trabalho na sala de aula.

Das funcionalidades do livro didático, Choppin (2004), dividiu em quatro, sendo elas (i) função referencial livro como referência programática dos conteúdos e conhecimentos a serem

desenvolvidos em sala de aula; (ii) função instrumental relativa a metodologias para efetivação do ensino e aprendizagem, através por meio de práticas de exercícios, resolução de problemas, entre outros; (iii) função ideológica e cultural papel político do livro na propagação de uma ideologia e/ou de uma determinada cultura; (iv) função documental livro didático como documento de análise, tanto por educadores como por alunos. Todas essas funcionalidades entendem o livro didático não somente como um instrumento no processo de ensino e aprendizagem, mas também como um documento histórico que revela as concepções de ensino e ideologias de um determinado período.

A partir da década de 1980 o livro didático ganhou notoriedade na educação básica com o MEC atuando como comprador de livros das editoras participantes do Programa do Livro Didático (1984), que passou a se chamar Programa Nacional Do Livro didático (PNLD) em 1985(SILVA, ALVES E ANDRADE, 2019). Em 2004 foi criado o PNLEM (Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio) e, mais tarde, em 2010, a avaliação, escolha e aquisição se tornaram vinculadas em um só Programa para todas as séries do Ensino Básico se consolidando como um programa que se define como um conjunto de ações voltadas para a distribuição de obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, destinados aos alunos e professores das escolas públicas de educação básica do País (BRASIL, 2017). De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), “é preciso que os professores estejam atentos à qualidade, à coerência e a eventuais restrições que esses materiais apresentem em relação aos objetivos educacionais propostos” (BRASIL, 1998, p.13).

De acordo com Gatti (1999), muitas escolas e professores têm dificuldades em modificar a prática de ensino sem o suporte de materiais didáticos consistentes e que ajudem a organizar as aulas, portanto a presença e a forma da apresentação dos conteúdos nos livros didáticos podem regular e controlar o acesso e a compreensão dos conteúdos aos professores e estudantes. Assim o intuito deste estudo foi investigar como os assuntos relacionados com NN foram tratados pelos autores dos livros didáticos de Química do PNLD de 2018. Nesse propósito, a respeito dos estudos de nanociência e educação básica, em específicos aos livros didáticos, destacamos os estudos anteriores semelhantes, como o trabalho de Lisboa-Filho e Monteiro (2013) que analisaram 15 coleções de Física para Ensino Médio, e em apenas duas encontraram essa abordagem de NN, e a pesquisa de Camara e Prochnow (2016) que buscou a temática em quatro coleções de livros de química aprovados pelo PNLD 2015 e apontaram a ausência de abordagem NN na maioria das obras, visto que das quatro coleções avaliadas apenas uma tratou do assunto.

Considerando que o objetivo desse estudo foi analisar assuntos de Nanociência e Nanotecnologia (NN) incorporados aos livros didáticos de Química indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2018 e categorizá-los segundo os parâmetros de Alfabetização Científica (AC) propostos por Shen (1975), optou-se por inserir a Alfabetização Científica como um subitem dessa fundamentação teórica para melhor compreender as categorias de Alfabetização Científica Prática, Cívica e Cultural.

Alfabetização Científica

O termo “Scientific Literacy” foi inicialmente atribuído a Paul Hurd a partir de seus estudos em 1958 sobre o ensino de ciências em escolas norte-americanas no período marcado por uma corrida pelo desenvolvimento tecnológico durante a Guerra Fria (HURD, 1958. p. 52). Para Deboer (2000), alfabetização científica é um conceito geral que teve, e continua a ter, uma ampla variedade de significados. Especificamente pode-se concluir que ela geralmente implica uma compreensão ampla e funcional da ciência para fins de educação geral e não apenas para

preparação para carreiras científicas e técnicas específicas. Laugksch (2000) ressalta que o conceito possui definições incipientes e difusas, sendo essa possivelmente uma das justificativas para as dificuldades na tradução e conceituação do termo que são sentidas pelos pesquisadores nacionais.

Como explicitado por Sasseron e Carvalho (2011) alguns autores brasileiros preferem a expressão Letramento Científico (LC) e justificam a escolha apoiando-se em pesquisadores da área de linguística, sobretudo Magda Soares e Angela Kleiman que entendem que alfabetização e o letramento são momentos diferentes no processo de aprendizagem e aplicação do processo de ler e escrever, envolvendo habilidades e competências distintas, apesar de complementares. Neste trabalho optou-se pelo uso da expressão Alfabetização Científica, a tradução do termo mais empregada por pesquisadores brasileiros, em concordância com Sasseron e Carvalho (2011) e Auler e Delizoicov (2001) que se apoiam no conceito de alfabetização de Paulo Freire. O educador, patrono da educação brasileira, afirma que a alfabetização vai além do simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de ler e escrever, correspondendo ao domínio dessas técnicas em termos conscientes, isto é, a organização do pensamento lógico para compreender criticamente o mundo, nesse contexto, o alfabetizado deve conhecer, dominar a linguagem e interpretar o seu sentido no seu contexto social (FREIRE, 1980).

Nessa linha de pensamento, Attico Chassot considera a ciência uma linguagem construída para explicar o mundo natural, definindo que ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza e considera como analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do universo. Em um dos seus artigos para a Revista Brasileira de Educação, o autor defende:

Seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo – e, preferencialmente, transformá-lo em algo melhor. Tenho sido recorrente na defesa da exigência de com a ciência melhorarmos a vida no planeta, e não torná-la mais perigosa, como ocorre, às vezes, com maus usos de algumas tecnologias (CHASSOT, 2003, p94).

Os termos AC e LC, ainda que autores apresentem especificidades para cada expressão, possuem em comum o objetivo de um ensino de ciências amplo e com a formação de cidadãos que consigam aplicar seus conhecimentos em diferentes esferas da vida (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Benjamin Shen, professor de astronomia e astrofísica da Universidade de Pensilvânia-Filadélfia (EUA), em seu artigo para revista American Scientist, propôs que o conceito de alfabetização científica é amplo e inclui uma diversidade de aplicações, desde saber como preparar uma refeição nutritiva, até o conhecimento e apreciação de leis da física. Para entender melhor esses diferentes aspectos, o professor propôs a divisão desse processo em três categorias: prática, cívica e cultural, que não são excludentes entre si, mas distintas conforme o objetivo, público, conteúdo, formato e meios de entrega (SHEN, 1975).

A alfabetização científica prática pode ser explicada por meio da compreensão de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais diretamente relacionados com as necessidades básicas do cotidiano. Shen (1975) aponta que, no momento em que escreveu o artigo, bilhões de pessoas viviam em profunda pobreza com pouco acesso à informação científica prática e que grande parte do sofrimento humano resultava da ausência de informações vitais, de modo que a alfabetização científica prática envolve questões de saúde, alimentação e melhoria dos padrões de vida. Entre os problemas detalhados por ele estavam a

nutrição, contaminação da água e mortalidade infantil.

A alfabetização científica cívica tem o objetivo de possibilitar que o cidadão tenha maior conhecimento e consciência das questões científicas para que possa participar amplamente de processos democráticos, se referindo a um nível de compreensão de termos científicos suficiente para ler um material publicitário e entender os fundamentos dos argumentos concorrentes em uma disputa ou controvérsia. A categoria cívica, segundo autor, está relacionada com a postura em questões de políticas públicas envolvendo temas científicos e tecnológicos em áreas como energia, agricultura, saúde, comunicação etc. e para atingir essa alfabetização o ideal seria proporcionar para as pessoas uma maior exposição de assuntos científicos e a familiaridade com a ciência e consciência de suas implicações, sendo a escola primária e secundária o ambiente mais efetivo para esses propósitos e, isso não é o mesmo que a aquisição de informação científica para a solução de problemas práticos, nesse aspecto, a AC Cívica difere da AC Prática, embora existam áreas em que as duas inevitavelmente se sobrepõem (SHEN, 1975).

Em comparação com a alfabetização prática, a obtenção de um nível funcional de alfabetização científica cívica é um esforço mais demorado. No entanto, é um trabalho que mais cedo ou mais tarde deve ser feito, pois com o passar do tempo os eventos humanos se tornarão ainda mais entrelaçados na ciência, e as questões públicas relacionadas à ciência no futuro só podem aumentar em número e importância. (CUNHA, 2017).

A terceira categoria proposta por Shen, a alfabetização científica cultural, seria a busca pelo conhecimento motivada pelo desejo de saber algo sobre a ciência como uma conquista humana, um interesse em aumentar sua cultura em literatura científica:

Quando um estudante faz um curso de física para leigos, um artista lê um artigo sobre genética em uma revista ou um advogado assiste na televisão a um programa sobre astronomia, eles estão empenhados em cultivar sua alfabetização científica cultural. “Eles fazem isso com o mesmo espírito com que um estudante de ciência pode estudar história antiga, um engenheiro ler poesia ou um físico se encantar com tragédias clássicas (SHEN, 1975, p.267, tradução nossa).

Shen (1975) assinala que um dos problemas da alfabetização científica cultural é a acessibilidade apenas para um grupo pequeno de pessoas, colocando questões a respeito do vocabulário técnico científico, prejudicando a popularização das ciências.

Avaliar as dimensões do processo de AC junto ao tema de NN é importante ao se pensar em um ensino alinhado ao contexto social atual. Sobre estudos que investigaram AC em livros didáticos, destaca-se o de Costa e Lorenzetti (1997) que estudaram a temática “artrópodes” em livros didáticos de ciências selecionados pelo PNLD 2015, analisando as diferentes abordagens adotadas nesses materiais nas categorias propostas por Shen. Os autores concluíram que existem informações para orientar um ensino que vise a AC dos estudantes nesses materiais, no entanto sua ocorrência foi incipiente ao longo das obras analisadas.

Além de Shen, outros autores como Miller (1983), Shamos (1995) e Bybee (1995) propuseram divisões ou estágios de AC, segundo Sasseron e Carvalho (2011, p. 63): “Por ser um conceito complexo (e provavelmente por isso mesmo), a ideia de Alfabetização Científica é vista por alguns estudiosos como possuindo vieses distintos e necessários de serem observados para que seja compreendida e vislumbrada em diversas situações”. É notável que a inserção da NN nos currículos, nos livros didáticos e consecutivamente nas aulas de Ciências se faz necessária para

promover a identificação e compreensão desses temas e terminologias da área, desenvolvendo melhor o pensamento crítico dos estudantes.

De acordo com Murrielo, Contier e Knobel (2006, p.2), nas últimas décadas, o desenvolvimento de instrumental apropriado para observar e manipular elementos em escala nanométrica foi responsável pelo impulso e surgimento de novas tecnologias, com sua carga de promessas e incertezas, assim a nanotecnologia é definida pelos autores como a engenharia de materiais a partir de átomos e moléculas, com a manipulação e reorganização de nanopartículas, capaz de promover combinações e, com isso, a elaboração de novos materiais e dispositivos. Nanociências e nanotecnologias oferecem aos professores um novo instrumento para trazer ciência e tecnologia em sala de aula.

Os temas de NN podem ser abordados em diferentes disciplinas escolares, nesse estudo optou-se pelos livros de química, uma vez que é nessa disciplina que, em geral, apresentam-se a síntese e caracterização dos nanomateriais. A química integra a perspectiva macroscópica e o enfoque atômico molecular, sendo imprescindível para o conhecimento e controle das conexões existentes entre estruturas, propriedades e aplicações (ZARBIN, 2007). Integrar conceitos de NN ao ensino possibilita entender diversos processos, permitindo uma visão da química como ciência atual.

Procedimentos metodológicos

Essa pesquisa, com caráter qualitativo, caracteriza-se por análise documental que segundo Marconi e Lakatos (2003) se baseia em usar como fonte de coleta de dados apenas documentos, escritos ou não, que constituem o que se denomina de fontes primárias. Nesse estudo, os documentos analisados foram as seis coleções de livros didáticos de química aprovadas no Programa Nacional do Livro Didático de 2018, todas em formato digital PDF (Portable Document Format), que mantêm a aparência original de documentos impressos. Das coleções, apresentadas no Quadro 1, foram analisadas a versão do estudante e também a do Livro do Professor.

Quadro 1: Coleções de livros de química selecionadas pelo PNLD 2018

Coleção	Título	Editora	Autores
1	Química	Ática	Martha Reis
2	Química	Scipione	Andréa Horta Machado e Eduardo Fleury Mortimer
3	Ser Protagonista - Química	SM	Lia Monguilhott Bezerra (Editora responsável)
4	Química	Positivo	Carlos Alberto Mattoso Ciscato; Emiliano Chemello; Luís Fernando Pereira e Patrícia Barrientos Proti
5	Química Cidadã	AJS	Gerson Mól e Wildson Santos (Coordenadores)
6	Vivá - Química	Moderna	Vera Lúcia Novais e Murilo Tissoni Antunes

Fonte: PNLD 2018

A metodologia aplicada nesta pesquisa consistiu, em um primeiro momento, identificar nos livros didáticos onde se encontravam os termos diretamente associados com NN. A coleta de dados começou com a inspeção dos termos por meio da ferramenta de buscas no programa de leitura de arquivos em formato PDF. As palavras buscadas foram as que possuíam nano em sua grafia, como nanotubos e nanopartículas, além da unidade nm (nanômetro) e termos relacionados com o tema, como fulerenos e microscópio de tunelamento eletrônico. Nessa inspeção, entre os termos encontrados foram descartados fórmulas químicas como a do NaNO_3

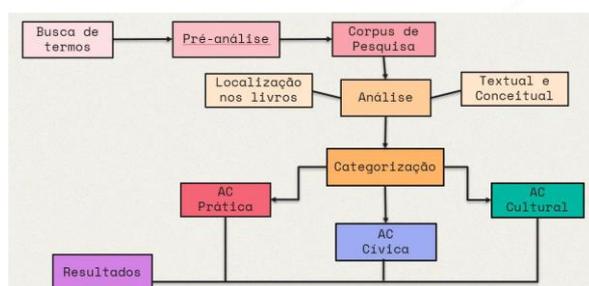
(Nitrato de sódio), o nome do hidrocarboneto nonano (nove carbonos) algumas palavras que envolviam o prefixo nano, mas que não tratavam especificamente de NN ou de escala de tamanho, caso do termo nanossegundo devido a não terem relação direta como o objeto deste estudo. Foram feitos recortes dos textos contendo as palavras, incluindo e reunindo esses textos em um arquivo formando assim o corpus da pesquisa, isto é, um conjunto de trechos retirados dos livros didáticos e catalogados para posteriores procedimentos de análise.

Em etapa posterior, esses materiais foram atentamente explorados, desenvolvendo-se uma análise desse material. Em leitura, releituras, grifos e indicações foram construídas tabelas a compreender e caracterizar a, a regularidade de alguns conteúdos em determinados volumes das coleções, a forma como são apresentados e ainda algumas semelhanças e diferenças entre as coleções de livros didáticos. Após seleção dos termos encontrados e análise inicial, desenvolveu o processo de categorização de cada um dos termos nos diferentes tipos de AC propostas por Shen (1975), sendo elas: (i) AC prática, (ii) AC cívica e (iii) AC cultural.

Na classificação dos conteúdos encontrados, de acordo com os tipos de AC propostos por Shen, classificou-se como AC prática os conteúdos que visavam a compreensão de termos, como a apresentação de tabelas com conversões de unidades no Sistema Internacional de medidas ou da nomenclatura de soluções e colóides e suspensões. Devido aos contextos que se encontram os assuntos de NN, ressalta-se que as inserções feitas nessa categoria prática, em geral não estão diretamente relacionados a problemas práticos da vida como saúde e nutrição exposto por Shen(1975), mas dentro da estrutura deste estudo, compreenderam-se conceitos essenciais nessa temática. Classificou-se como AC cívica os conteúdos que permitiram reflexões sobre ciência e tecnologia, como o horizonte de possibilidades de NN e suas implicações, como por exemplo a nanopoluição. Por fim, classificou-se como AC Cultural os conteúdos que trataram não somente da compreensão básica de termos científicos, mas o próprio desenvolvimento da ciência enquanto empreendimento humano, como a criação e utilização do microscópio eletrônico de varredura por tunelamento e sua importância nos avanços na área de NN.

O corpus desta pesquisa foi analisado em conjunto com a descrição dos autores sobre os materiais desenvolvidos e com o Guia de Livros Didáticos do PNLD 2018 (BRASIL, 2017b), disponibilizado para auxiliar os professores e gestores escolares na escolha desses materiais. Um esquema desse processo é indicado na figura 1:

Figura 1: Esquema de metodologia de pesquisa



Fonte: Próprio autor

Resultados

Em todas as coleções foram encontrados termos que permitem trazer a temática de NN para sala de aula. As análises quantitativas dos termos encontrados nos livros didáticos das seis coleções indicadas pelo PNLD 2018 estão apresentadas na Tabela 1. Nota-se que a coleção

Vivá Química (6) apresentou o menor número de termos, apenas três, e a coleção Química Cidadã foi a que apresentou o maior número de termos, doze ao total.

Tabela 1: termos de NN nas coleções de livros didáticos

Coleção	AC Prática	AC Cívica	AC Cultural	Total
1	4	2	1	7
2	5	3	2	10
3	4	0	5	9
4	3	4	4	11
5	5	2	5	12
6	1	0	2	3

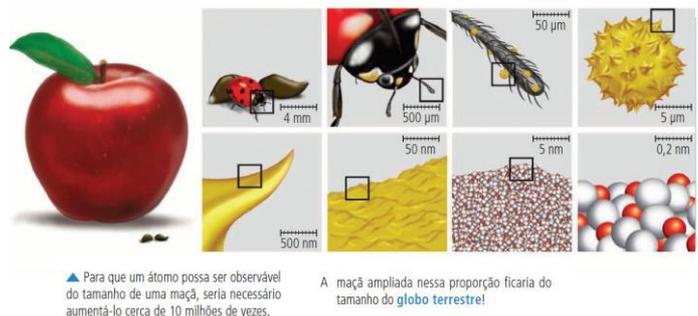
Fonte: Próprio autor

Apesar das coleções seguirem praticamente o mesmo padrão de divisão de conteúdos em cada um de seus volumes, isto é, Química Geral, Físico-Química e Química Orgânica respectivamente ao volume 1, 2 e 3 (BRASIL, 2017b), não houve uniformidade na distribuição dos termos pelos livros nas coleções. Nos livros de Química Geral todas as coleções apresentam algum termo no mínimo duas vezes, já para o livro de Físico-Química, duas coleções (1 e 2) não apresentam nenhum termo relacionado com NN, no Livro 3 de Química Orgânica, as coleções 2, 3 e 6 também não apresentaram nenhum termo. As coleções 4 e 5, com o maior número de termos, tem uma boa disposição (distribuição do conteúdo) pelos três livros, diferentemente da coleção 2 que concentrou todos os dez termos no primeiro livro. A distribuição pelos três livros, em diferentes momentos, com abordagens distintas, permite que o conceito seja revisitado ao longo dos três anos do Ensino Médio com diferentes níveis de aprofundamento e assimilação, aspecto que caracterizamos como assertivo dessas coleções. Essa análise da distribuição pelos volumes também é importante uma vez que designa em qual subárea há uma maior tendência do tema ser ensinado. Predominantemente os termos aparecem em tópicos sobre o átomo, alotropia do carbono e soluções e colóides, com alguns exemplos nas figuras 2, 3 e 4, que podem demonstrar que os autores entenderam esses temas como pontos de intersecção entre NN e química. Salientamos que existem outros conteúdos que poderiam trazer conceitos de NN como cinética, bioquímica, estados físicos da matéria, polímeros etc.

Quanto a distribuição desses assuntos pelas coleções é preciso lembrar que todo livro se dirige a alguém, a um público-alvo e, em nossa análise, os autores trouxeram livremente os termos pelos três volumes das coleções, especialmente no primeiro, sem se limitar a enclausurar o ensino de nanociência a depender de maturidade de abstração dos estudantes ou de aprendizagem de conceitos anteriores direcionando o ensino desse tema para o ano final do ciclo, a 3ª série do Ensino Médio.

Termos de NN relacionados com AC prática foram encontrados em todas as coleções analisadas, desenvolvendo noções de nanoescala, explorando a distância entre núcleos atômicos, e principalmente para exemplificar o conceito de alotropia e definir as diferenças entre soluções, colóides e suspensões, como mostrado na figura 2.

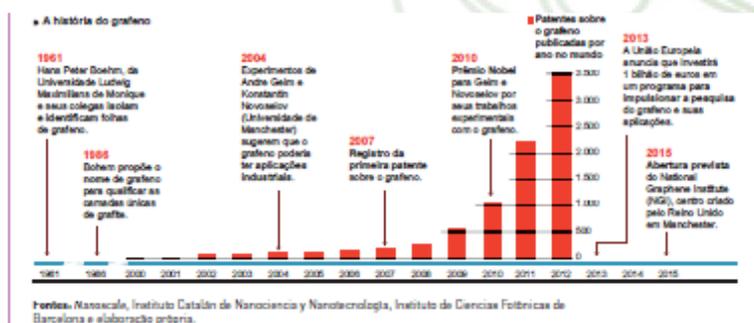
Figura 2: Escalas de tamanho citadas por Feynmann



Fonte: Coleção 5: SANTOS; MOL (v. 2, 2016, p. 8)

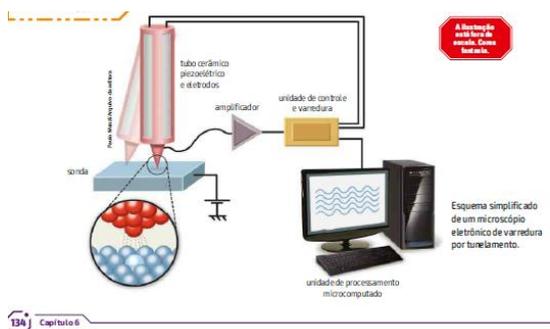
AC Cultural também esteve presente em todas as coleções, explorando as principais descobertas dessa temática, o desenvolvimento do microscópio eletrônico de varredura por tunelamento, os nanotubos de carbono e também aplicações de NN, como mostrado nas figuras 3 e 4:

Figura 3: Principais descobertas e publicações científicas sobre o grafeno



Fonte: Coleção 4: CISCATO et al LISBOA et. al. (v.2 2016. p. 210)

Figura 4: Microscópio de Varredura por Tunelamento

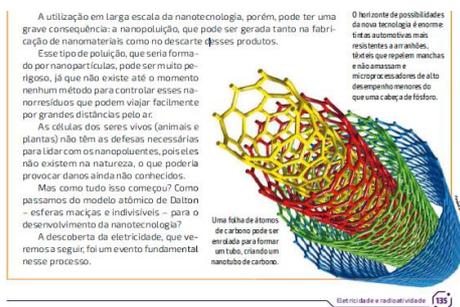


Fonte: Coleção 1: REIS (v.1, 2016, p.134)

A categoria de AC Cívica, responsável por desenvolver reflexões sobre assuntos científicos e suas implicações sociais, políticas e ambientais, isto é, pela formação do estudante como cidadão crítico, capaz de se envolver em processos de tomadas de decisão sobre políticas de saúde, energia, recursos naturais, alimentação, etc. teve menor presença nas obras, sendo que duas coleções não apresentaram essa categoria em nenhum dos seus livros. Quatro coleções apresentaram essa categoria de AC, no entanto, em menor quantidade se comparada com a AC Prática e Cultural. Os temas encontrados nas coleções que se encaixam na categoria de AC

Cívica foram manipulação de átomos, aplicações dos nanotubos de carbono, pesquisas sobre radioisótopos e utilização de nanopartículas para tratar poluições marítimas e nanopoluição como mostrado nas figuras 5 e 6:

Figura 5: Nanopoluição e horizonte de possibilidades da NN



Fonte: Coleção 1: REIS (v.1, 2016, p.135)

Figura 6: Nanoesponjas



Fonte: Coleção 4: CISCATO et al LISBOA et. al. (v.2 2016. p. 70)

Nas obras que apresentaram potencial para AC Cívica, enfatizou-se o horizonte de possibilidades das aplicações de NN e pouco se tratou dos riscos na utilização dessas tecnologias, como o descarte desses materiais e nanotoxicidade. Esses temas estiveram presentes em apenas três das seis coleções analisadas, sendo elas a coleção 1, de autoria da Martha Reis, coleção 2, escrita por Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado e a coleção 5, coordenada por Gerson Mól e Wildson Santos. A coleção 1, na seção do livro intitulada de Curiosidade, aponta para problemas relacionados com a nanopoluição, na coleção 2 os termos relacionados com AC Cívica são desenvolvidos especificamente em exercícios e no desenvolvimento de projetos, enquanto a coleção 5 traz um subcapítulo específico sobre nanotecnologia.

A presença dessa temática nos livros indicados pelo PNLD 2018 apresentou uma média de nove termos por coleção, um ganho quando comparado aos resultados das análises de Lisboa-Filho e Monteiro (2013) e Camara e Prochnow (2016) que encontraram poucas abordagens de NN em livros didáticos de física e química respectivamente, de modo que aparentemente as atualizações das coleções consideraram importante a incorporação desses conteúdos.

Conclusões

A respeito das categorias de AC de Shen, termos de NN relacionados com AC prática foram encontrados em todas as coleções analisadas de modo que podem ser um ponto de partida para

o desenvolvimento e organização do raciocínio e interpretação de informações a respeito dos produtos e processos em escala nanométrica no ensino de química, em especial para entender os átomos, moléculas e as diferentes propriedades dos materiais em função do tamanho e da relação área/volume. Na temática NN, AC Cultural também foi contemplada nas coleções, permitindo suscitar o interesse a partir da contextualização dos princípios científicos. Textos, exercícios, atividades com história dos nanotubos, do microscópio eletrônico de varredura por tunelamento e aplicações dos nanomateriais nos livros didáticos devem levar os estudantes e professores a refletirem sobre novas significações e alimentar o desejo de aprenderem mais sobre a temática.

A categoria de AC Cívica teve menor presença nas obras de química do PNLD 2018, quatro coleções apresentaram essa categoria e em poucos momentos. Uma vez que a nanociência permite a articulação entre conhecimentos de química e suas aplicações tecnológicas, com implicações em diferentes esferas e assuntos contemporâneos, deveria ser fortemente promovida nos livros didáticos, ampliando a cultura científica e o exercício da participação social, de modo que ainda é preocupante o baixo índice observado nas obras. Por outro lado, sua presença revela que alguns autores identificam o potencial da AC nesse tema.

A partir desse estudo assinalamos que os temas de NN estão presentes nos livros indicados pelo PNLD 2018 e, em acordo com estudos anteriores, a maior quantidade e exploração desses temas ao longo dos três volumes da maioria das coleções demonstram que as atualizações das obras consideram a relevância de trazer esses assuntos. Ainda assim, é preciso esclarecer que são poucas e pontuais as inserções de NN nos livros, com baixo e, em alguns casos, nenhum desenvolvimento conceitual, revelando que os autores e as editoras sabem da importância do tema, no entanto, ainda não sabem ou tem receios em desenvolver o conteúdo com a robustez e o aprofundamento necessário.

Agradecimentos

UNIFESP, PECMA e ENCIQUA (Grupo de Ensino de Ciências e Química Aplicada).

Referências

- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 122134, 2001.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: apresentação – guia de livros didáticos – ensino médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017a.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: química – guia de livros didáticos – ensino médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017b.
- CAMARA V. F. S.; PROCHNOW. T. R. A. **Abordagem da nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de Química do Ensino Médio**. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis, SC, Brasil. 2016.
- CHANG, R. P. H. (2006). A call for nanoscience education. **Nanotoday**, n. 1(2), p. 6–7, 006.
- CHASSOT, A. I. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 8. Ed. Ijuí: Unijui, 2018.
- CHASSOT, A. I. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89100, jan./abr.2003.
- CISCATO, C. A. M. et al. **Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti**. 1. ed. São Paulo: Moderna, v. 13. 2016.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549-566, set./dez. 2004.

COSTA, E. M.; LORENZETTI, L. **Parâmetros de Alfabetização Científica nos livros didáticos de ciências: analisando a temática artrópodes**. XI Encontro nacional de Pesquisa em educação em ciências, Florianópolis, SC, Brasil. 2017.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico? Interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, p. 69-186, 2017.

DeBOER, G. E. Scientific Literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, New Jersey (USA), v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Paz e Terra. São Paulo. 1980.

FREITAG, B.; MOTTA, V.; COSTA, W. **O Estado da arte do livro didático no Brasil**. Brasília: INEP, 1978.

GATTI JR, D. **Um Itinerário de Desigualdades: livros didáticos de História e assifiação do Ensino na escola Brasileira (1960-1990)**. In: Anais do XX Simpósio Nacional de História da ANPUH, 1999, Florianópolis, Santa Catarina, 1999.

HURD, P. D. **Scientific literacy: its meaning for American schools**. Educational Leadership, Washington, n. 16, p. 1316, Oct. 1958.

HURD, P. D. Scientific literacy: new mind for a changing world. **Science & Education**. Stanford, USA, n. 82, p. 407-416, 1998.

JACKMAN, J. A., CHO, D. J., LEE, J., CHEN, J. M., BESENBACHER, F., BONNELL, D. A., HERSAM, M. C., WEISS, P. S., & CHO, N. J.. Nanotechnology Education for the Global World: Training the Leaders of Tomorrow. **ACS Nano**, 10(6), p. 5595–5599. 2016.

LAUGKSCH, R. C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview. **Science Education**, v.84, n.1, p. 71-94, 2000.

LISBOA, J. C. F. et. al. **Ser Protagonista: Química**. 3. ed. São Paulo: Edições SM, v.13, 2016.

LISBOA-FILHO, P. N.; MONTEIRO, M. A. **Nanotecnologia e nanociência em livros didáticos de física do nível médio: discursos sobre a tecnologia e a educação científica e tecnológica**. Momento, [S. l.], n. 46E, p. 126-142, 2013.

MARCONI, M. de. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 8 ed., 2017.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. 3. ed. São Paulo: Scipione, v. 13, 2016.

NOVAIS, V. L. D de.; TISSONI, M. A. **Vivá: química**. 1. ed. Curitiba: Positivo, v. 13, 2016.

REBELLO, G. A. F., ARGYROS, M. D. M., LEITE, W. L. L., SANTOS, M. M., BARROS, J. C., SANTOS, P. M.L. DOS, & SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova Escola**, 34(1), p.3–9, 2012.

REIS, M. **Química**. 2. ed. São Paulo: Ática, v. 13, 2016.

SANTOS, W.; MOL, G. **Química Cidadã**. 3 ed. São Paulo: Editora AJS, v. 13, 2016.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigação em Ensino de Ciências**. v. 16(1), p. 59-77, 2011.

SCHANK, P. et al. **Can High School Students Learn Nanoscience? Na Evaluation of the Viability and Impact of the Nanoscience**. Curriculum. SRI International January 2009.

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

SHEN, B. S. P. Science literacy: public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. **American Scientist**, v. 63, p. 265-268, may-june 1975.

ZARBIN, A. J. G. Química de (nano)materiais. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30, n. 6, p. 1469-1479, Dez. 2007.

