



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE QUÍMICA

Lucas Vairolette Evangelista

**A Inserção da Nanotecnologia para Alunos do Ensino
Médio**

Trabalho de Conclusão de Curso

SANTO ANDRÉ - SP

2021

Lucas Vairolette Evangelista

A Inserção da Nanotecnologia para Alunos do Ensino Médio

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
conclusão do Curso de Especialização em
Ensino de Química da UFABC.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Andrea
Angelucci

SANTO ANDRÉ - SP

2021

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Camilo Andrea Angelucci da Universidade Federal do ABC, meu orientador, que aceitou me orientar na elaboração desse trabalho.

À Professora Doutora Silvia Maria Leite Agostinho do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, minha orientadora de iniciação científica, que me acolheu, sempre muito paciente e me ensinou a ser um químico, um professor e uma pessoa melhor.

Às Faculdades Oswaldo Cruz pela minha formação.

À Universidade Federal do ABC pela realização da Especialização no Ensino de Química

Aos meus alunos.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a execução desse trabalho.

Aos meus amigos Belisa, Gilberto, Kayo e Mônica pelo companheirismo e amizade.

À minha namorada Michelle.

A minha mãe Silvia, meu pai Rivaldo, minha irmã Clara, minhas avós Maria e Benedicta e ao meu avô João.

E a Deus.

RESUMO

Esse trabalho tem por objetivo geral contextualizar o ensino de química com a utilização de um tema transversal- nanotecnologia no âmbito do Ensino Médio. A metodologia de pesquisa aplicada contempla a realização de uma revisão de literatura em bancos de dados eletrônicos (SciELO e Pubmed) utilizando-se os descritores "nanotecnologia" no SciELO e "nanotechnology" e "education", com o uso do operador booleano AND, no Pubmed. Também foram utilizados livros que relatam sobre a nanociência e a nanotecnologia. Depois da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, obteve-se um total de 20 estudos, que foram incluídos na revisão, tendo sido esta a amostra final considerada. Pode-se concluir pela possibilidade de inserção da nanotecnologia no Ensino Médio do primeiro ao terceiro ano, entregando-se o grau de embasamento teórico em conceitos da química relativos à matéria, tais como propriedades da matéria, átomos, forças de Van der Waals, dentre outros, além das habilidades neles já desenvolvidas, que são necessárias para o entendimento da relevância dos avanços científico-tecnológicos. Sugere-se, para esse fim, o uso de recursos didáticos inovadores, que despertem a atenção e interesse dos alunos sobre a temática.

Palavras-chave: Educação. Ensino Médio. Nanotecnologia. Química.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
4 MÉTODOS.....	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6 CONCLUSÕES.....	25
6 REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Decorridas praticamente duas décadas do século XXI, é possível se notar que as tendências em ensino e pesquisa em química estão caminhando para novos rumos, dada as novas necessidades e dilemas que os estudantes vivenciam no seu dia a dia. É bastante pertinente aqui ressaltar que vivenciamos um momento ao qual muito aquém de adquirir os saberes teóricos dos componentes curriculares integrantes da área de ciências da natureza, os alunos carecem e devem ter uma apropriação dos conceitos em sua aplicabilidade prática em situações corriqueiras. Infere-se, portanto, a necessidade de que haja modificações significativas no currículo de química, de maneira a contemplar as novas demandas, e, sobretudo, muito além de incorporação de temas atuais, é necessário que haja uma contextualização desses temas, de maneira que haja uma intersecção e interdisciplinaridade entre os mais diversos componentes curriculares do ensino regular (TOMKELSKI; SCREMIN; FAGAN, 2019).

O ponto de partida nessa mudança de rumos no processo de ensino-aprendizagem necessita obrigatoriamente passar por uma análise documental e, sobretudo das metodologias qualitativas e quantitativas empregadas no ensino de educação química. De acordo com Gerhard, 2010, os fundamentos teóricos da disciplina de química no ensino básico, seja ele público ou privado são muitas vezes negligenciados, dado que inúmeras vezes tais conteúdos são apresentados aos alunos sem uma contextualização, e, como consequência imediata disso, há a ausência de um debate sobre a aplicabilidade de tais pressupostos teóricos no cotidiano do aluno. Como efeito direto dessas tendências, diga-se, de passagem, ultrapassadas, gerou-se no cenário da educação básica uma visão estereotipada de que os saberes apresentados na disciplina de química são distantes e abstratos da realidade. Portanto, se faz necessária toda uma reestruturação do processo de apresentação do conteúdo programático de química no ensino básico, contemplando uma conectividade entre a fronteira do conhecimento científico com a vida cotidiana.

É interessante salientar que o estabelecimento e a conectividade dos saberes escolares com as situações cotidianas já são preconizados pelos documentos formais do Ministério da Educação-MEC desde meados dos anos 2000. Logo, a ideia que é apresentada nas normativas dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

- PCNEM é que haja uma articulação entre os saberes de modo a viabilizar aos alunos uma perspectiva mais atrativa e convidativa para que os alunos consigam inferir hipóteses e respostas para tudo o que estão inseridos no dia a dia (SILVÉRIO, 2012).

Nesse sentido, é válido pontuar que os assuntos de ciência e tecnologia da atualidade no Ensino Médio é sugerida nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM e tem como função didática fomentar a construção de conceitos da base curricular comum, prover uma maior interdisciplinaridade além de propiciar o início de um processo de assimilação de cultura científica dos alunos.

Classicamente em virtude da ausência de elementos que sejam aglutinadores, isto é, que desperte nos alunos o desejo de utilizarem os saberes científicos, os alunos do ensino básico criaram uma aversão ao processo de aprendizagem dos conteúdos do componente curricular de química por julgarem distantes de sua realidade e/ou bastante complexos para serem aplicados em situações práticas. Essa visão bastante enraizada no contexto do ensino básico tem origem em modelos arcaicos, engessado de ensino, muitos no qual o professor é o detentor do conhecimento, e cabe ao aluno interpretar de maneira passiva todos os conhecimentos, apenas os replicando em atividades avaliativas, menosprezando-se a participação nesse processo. Aqui, se faz necessário enfatizar que enquanto o processo de ensino em química não for contextualizado, aglutinador, aplicado, participativo e, sobretudo, que haja diálogo entre os alunos e docentes, o ensino estará fardado ao insucesso, o que fará com que consequentemente as atividades no âmbito escolar se tornem desestimulantes e distantes da rotina dos alunos, alimentando assim toda a perspectiva de que o conhecimento científico é algo que foge do dia a dia, e que se limita ao ambiente acadêmico.

É uma realidade que a educação básica brasileira se estrutura em currículos que permitem pouca interação entre áreas de conhecimento diferentes. As disciplinas escolares, em geral, possuem cargas-horárias de conteúdos desconexos, exigindo que os profissionais da educação tenham que mostrar os conhecimentos referentes à sua especialização sem a oportunidade de dar-lhes o devido grau de aplicabilidade, desestimulando o interesse do aluno que passa a ver aquele conteúdo como algo sem importância e conexão com o dia-a-dia (AUGUSTO et al., 2004; GERHARD, 2010). Teorias educacionais que quebrem a barreira disciplinar, ao mesmo tempo em que oferecem a devida contextualização sociocultural, têm sido desenvolvidas há décadas na perspectiva de tornar o ensino básico mais eficiente (LAVAQUI, BATISTA, 2007).

Sob essa ótica, Silvério (2012) defende a ideia de que é importante que os alunos sejam estimulados a despertarem o sentimento, a curiosidade do “saber como isto funciona”. Logo, é necessário que a curiosidade do aluno seja o motor para a construção do conhecimento. Nesse sentido, é importante que o ensino de química preferencialmente seja recortado e apresentado com base em temas atuais e pertinentes, de maneira que assim haja uma motivação para desbravar os conceitos teóricos. Portanto, pensando-se em um tema atual e extremamente conectado com os saberes científicos do componente curricular de química poderíamos pensar na nanotecnologia. E aqui, vale destacar-se o porquê disso: A nanotecnologia é um conceito recente relativo ao controle que é feito sobre a matéria em escalas diminutas em extremo, denominadas nanométricas. Como alternativa, seria possível conceber a nanotecnologia como sendo uma ciência que busca criar dispositivos, materiais funcionais e sistemas por meio do controle da matéria em escala de nanômetros, explorando novas propriedades e fenômenos (elétricos, mecânicos, biológicos, químicos e físicos). Além disso, é interessante falar da versatilidade desse tema, existe um escopo de vários conceitos que podem ser aplicados no ensino de nanotecnologia, que pode inclusive dialogar com outras áreas de conhecimento, como, por exemplo, a física e a biologia, contudo, mais especificamente no âmbito do ensino em química é possível que haja intersecções e uma abordagem em espiral de conceitos sobre escala, estequiometria, oxidação e redução e ética na ciência.

Na percepção de Busham (2004), não se trata este de um campo novo, pelo fato de existirem, na natureza, diversos processos e objetos de micro a nano escala, de modo que a compreensão de tais funções poderia guiar-nos por meio da imitação e da produção de nanodispositivos e nanomateriais. Logo, centrando-se que a nanotecnologia pode nos propiciar um aprendizado que aplica conteúdos tecnológicos multidisciplinares, estimulando, com isso, o aprendizado na Química tal como nas demais ciências, é interessante no sentido de despertar a curiosidade e o interesse pelas ciências aplicadas, inclusive, isso conseguirá fazer com que o aluno seja mais reflexivo e atuante, o que é importante para que haja a formação holística e integral de um cidadão (AUGUSTO et al., 2004; GERHARD, 2010).

Portanto, é mais do que necessário, é vital que haja um rompimento de barreiras disciplinares, de modo, que haja uma devida contextualização sociocultural de modo a tornar o ensino básico mais eficiente para a formação de cidadãos reflexivos e atuantes (LAVAQUI, BATISTA, 2007).

O presente trabalho busca ao longo de seus tópicos ressaltar a importância da nanotecnologia junto as rotinas educacionais do Ensino Médio, promovendo uma compreensão de como essa interação pode ser algo benéfico para os alunos, assim como melhorar ainda mais a aprendizagem dos mesmos. O trabalho é apresentado em capítulos, sendo ressaltado no primeiro evidenciadas as características da educação promovida junto ao ambiente nacional, no segundo uma descrição da metodologia adotada na execução do trabalho, no terceiro uma consolidação dos dados obtidos por meio da pesquisa realizada, ao longo do quarto pode-se verificar a conclusão obtida diante dos dados e das questões avaliadas na execução do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Em uma breve análise sobre como a ciência é apresentada ao homem desde sua origem é possível observar sempre houvera um sentimento de curiosidade frente aos mistérios do desconhecido, isto é, desde sempre o homem está intrigado em compreender como o mundo ao seu redor consiste especialmente em saber de que forma lidar com fenômenos manifestos. Segundo Chibeni (2011, p.1) o “conhecimento primitivo é motivado por algo externo à atividade cognitiva propriamente dita: a necessidade de controle dos fenômenos naturais, com vistas à própria sobrevivência biológica”.

No contexto do século XXI, algumas áreas estão destacando em diversas esferas da sociedade em virtude das suas inúmeras contribuições, que geram impacto direto na qualidade de vida dos indivíduos e por consequência em suas atividades profissionais. Com base nisso, poderia ser mencionado, por exemplo, a área de Ciência e Tecnologia (C&T) que alinhada aos conhecimentos do campo médico tem revolucionado a utilização de materiais com potencial para diagnóstico e tratamentos de patologias, ou até mesmo otimizando procedimentos cirúrgicos. Tais conhecimentos são derivados de uma nova área de conhecimento: a nanotecnologia, que promete mudar os paradigmas de diversas áreas de atuação que vão da medicina até a área de engenharia civil. Portanto, as exemplificações apontadas anteriormente evocam a necessidade de um ensino de química que privilegie a nanociência no contexto atual dos alunos e, principalmente, a sua aplicabilidade, denominada Nanotecnologia.

Nesse sentido, é pertinente afirmar que a busca permanente por soluções pelos mais diversos problemas científicos em suas mais diversas esferas e naturezas, sobretudo, aquelas que afligem a sociedade contemporânea invariavelmente deflagram mudanças profundas na vida pessoal, em aspectos que transitam desde o social até o âmbito cultural. Logo, o processo de novas habilidades e, consequentemente, soluções para tais dilemas acabam por proporcionar novas subáreas de conhecimento, e, claro, novos campos de atuação profissional, impactando as práticas sociais e corporativas de modo bastante significativo.

Em vista de todas essas inovações, a nanotecnologia desponta como um campo repleto de possibilidades. De acordo com Murielo et al. (2006, p. 2), a nanociência é apontada como um campo científico relativamente novo, contudo, o

esboço e debruçamento sobre o estudo das propriedades nanométricas são antecedentes à concepção dessa área de conhecimento. Portanto, a nanotecnologia diz respeito à engenharia de materiais, assim considerada a partir de moléculas e átomos, “[...] que possibilita o uso dos resultados da Nanociência para a manipulação e reorganização de nanopartículas, promovendo outras combinações e, com isso, a elaboração de novos materiais e dispositivos” (MURIELO et al., 2006, p. 2).

Em razão do avanço experimentado na área de ciência e tecnologia (C&T), que tem propiciado cada vez uma miniaturização de aparatos, gerando um aumento significativo nas pesquisas na área de nanotecnologia se faz necessária a compreensão do que é a escala nanométrica. O termo nano deriva do grego “anão”, que acaba sendo empregado como prefixo no Sistema Internacional de Unidades- SI- e o termo nanômetro(nm) pode ser compreendido como a bilionésima parte do metro, ou seja, 10^{-9} m, sendo ainda, que o número 1m/ 1.000.000.000 ou ainda, 0,000.000.001m. Nesse sentido, a escala nanométrica seria concebida cerca de 1000 vezes abaixo da escala micrométrica. Exemplos clássicos que se situariam nessa escala: os chips de computadores (TOMKELSKI; SCREMIN; FAGAN, 2019).

Sob a perspectiva de Filliponi e Sutherland (2013), a área de nanociência é responsável por oferecer ao campo das ciências um novo salto, inclusive, criando rupturas científica, em vista de que o estudo dos fenômenos que abrangem a manipulação dos materiais, quer em escalas atômicas, quer macromoleculares, possibilita a apresentação de diferenças significativas entre as facetas analisadas. Diante disso, pode-se afirmar que tanto a nanotecnologia como a nanociência são áreas de conhecimento bastante promissora, dado que uma vez que seu uso para a produção de novos dispositivos tecnológicos pode contribuir para transformação da vida da sociedade contemporânea, promovendo, assim, mudanças na forma de os indivíduos em seu âmbito se comunicarem e trabalharem.

É preciso, ainda, que se pontue no sentido de que, havendo imensa aplicabilidade da nanotecnologia em diversas áreas de conhecimento científico, tal área de conhecimento se alinha pragmaticamente com a interdisciplinaridade, em decorrência da convergência dos saberes oriundos do processo de manipulação da escala nanométrica, e, portanto, consigo há a criação de novas técnicas, produtos e conhecimentos que coordenam os aspectos da biologia, química, matemática, físicas e outras áreas de estudo, como, por exemplo, a legislação, economia e meio

ambiente, de modo, que tais áreas se vinculam fortemente em um aspecto multidisciplinar (ZANELLA et al, 2009).

Cumprir destacar que a nanotecnologia é bastante significativa, inclusive, tal área já tem um protagonismo significativo na conjuntura dos novos desafios que emergem no século XXI, e, portanto é importante que diante desse novo cenário, o docente da área de Ciências da Natureza possa identificar as inúmeras possibilidades sobre a sua atualidade, na qual devem repensar o ensino de educação científica e tecnologia (ECT) no espaço escolar no âmbito das atividades pedagógicas no contexto do ensino médio (TOMKELSKI; SCREMIN; FAGAN, 2019).

Em uma perspectiva mais ampla, é possível lançar mão, nos processos da construção de uma unidade curricular e do processo de ensino-aprendizagem uma abordagem que permeie sobre a perspectiva da Ciência- Tecnologia- Sociedade- Ambiente (CTSA), que embora esteja amparada no contexto dos Parâmetros Curriculares Nacionais e nas mais diversas diretrizes e orientações curriculares, infelizmente não se formalizou, amiúde, no contexto da realidade escolar. (AMORIM, 2001; FARIAS, CARVALHO, 2006; MUENCHEN, AULER, 2007).

É fato notório que é perceptível uma distância entre a prática e teoria no que diz respeito em incluir temas de CTSA na ECT, que está amparada em diversos fatores, como, por exemplo, a defasagem entre formações de professores, a ausência de políticas de apoio à formação continuada dos docentes, e, claro da ausência de uma infraestrutura escolar que ampare tais demandas (FOUREZ, 2003; TEIXEIRA, 2003; ALBUQUERQUE et al., 2009).

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Contextualizar o ensino de química com a utilização de um tema transversal-nanotecnologia no âmbito do Ensino Médio.

3.2. Objetivos específicos

- Criar um roteiro de temas transversais que envolvam a nanotecnologia para aplicar nas aulas do ensino médio.
- Utilizar conceitos de nanotecnologia para abordagem teórica de conceitos presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio para o ensino de química.
- Estabelecer diálogo entre os saberes entre os componentes curriculares que estruturam a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.
- Analisar qualitativamente as aulas teóricas contextualizadas versus aulas teóricas tradicionais.
- Propor protocolos de ensino investigativo e experimental com base na nanotecnologia para facilitar a assimilação de conceitos teóricos.

4 MÉTODOS

A metodologia utilizada no presente trabalho se apoia em uma pesquisa bibliográfica que consiste no uso da literatura científica como base para suas análises e levantamento de dados. Esta metodologia permite fazer uso de aportes que se consolidem com as temáticas próximas ao que se presente abordar, apresentando base para mensurar o que se tem discutido diante de uma temática específica.

Segundo Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa bibliográfica decorre de fases para sua elaboração, sendo elas: escolha do tema; elaboração do plano de trabalho; identificação; localização; compilação; fichamento; análise e interpretação; redação. Sendo essas etapas aderidas no funcionamento e construção desse estudo.

Desse modo, na busca foram utilizados os bancos de dados Scielo e PubMed, onde os descritores foram: nanotecnologia e educação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa parte do estudo, o propósito é apresentar os resultados oriundos da busca realizada nos bancos de dados consultados, discutindo-os à luz dos apontamentos dos autores.

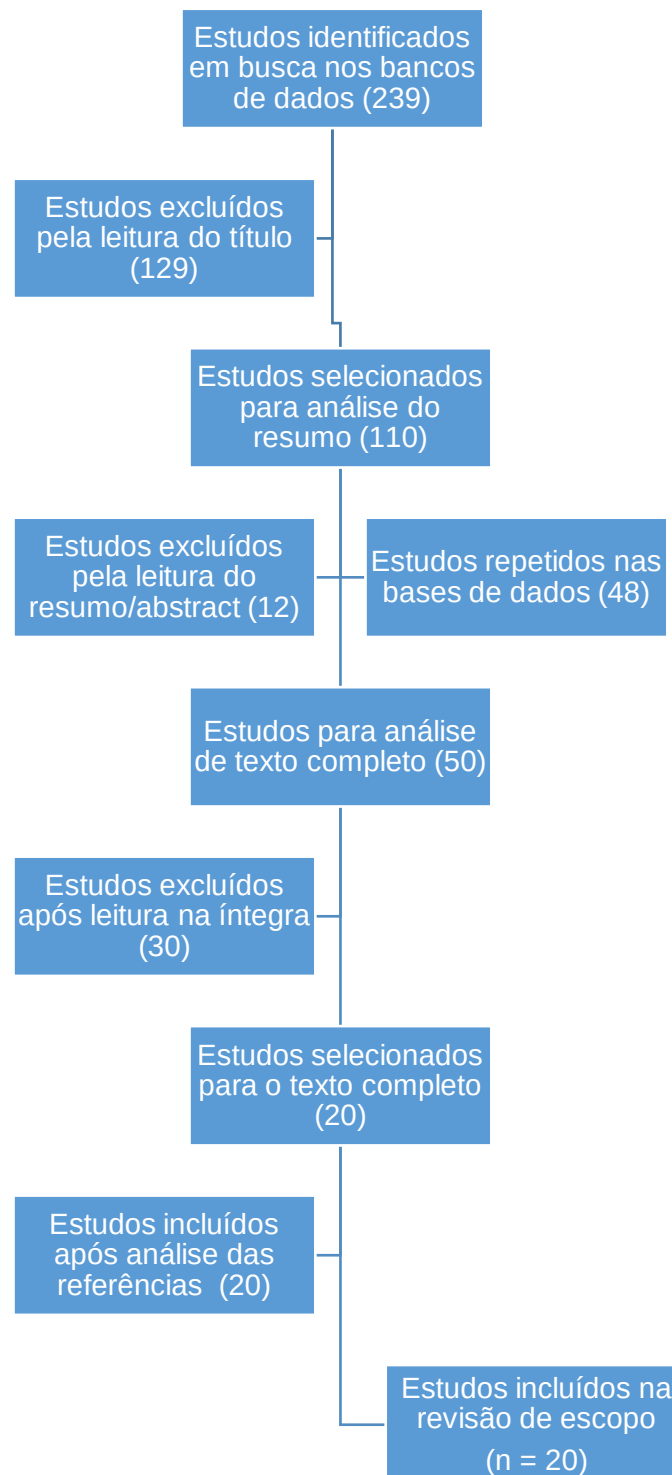
O recurso aplicado na busca nas bases de dados pesquisadas permitiu a identificação de 2.740 documentos para análise. Para organizar e tabular esses dados, fez-se leitura minuciosa dos resumos/*abstracts/resumés* de cada documento, anotando os seguintes dados em planilha do Microsoft Excel® daqueles que respondiam ao objetivo do estudo, podendo contribuir para dar resposta à questão de pesquisa elaborada: título, autor; ano; tipo de estudo/publicação; objetivo, população e amostra, principais resultados e conclusões obtidas.

Assim, dos estudos inicialmente localizados, foram selecionados, após estes procedimentos, 239 documentos, tendo-se constatado, nestes, o preenchimento dos mesmos de todos os critérios de inclusão que foram estabelecidos para a busca.

Dos selecionados, 129 foram excluídos após leitura do título; 12 após leitura do resumo; 48 por se tratar de estudos repetidos nas bases de dados; e 30 após leitura na íntegra do artigo. Após nova análise, considerando as referências utilizadas pelos autores, obteve-se um total de 20 estudos, que foram incluídos na revisão, tendo sido esta a amostra final considerada.

Todo o detalhamento do processo de busca e seleção dos artigos está descrito no fluxograma disponibilizado na Figura 1, seguindo os procedimentos adotados pelo JBI, considerando *checklist* adaptado do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

Figura 1 – Fluxograma dos estudos selecionados



Fonte: elaboração pela autor

Os estudos selecionados estão identificados na Tabela 1, com organização conforme ano de publicação, trazendo, ainda, informações sobre autoria, instituição/periódico de publicação, título do estudo, país do estudo e tipo de publicação.

Tabela 1 – Estudos selecionados

Cód.	Autor	Título	Ano
1	Leonel, André Ary Souza, Carlos Alberto	Nanociência e nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da alfabetização científica e técnica	2009
2	Pereira, Carmem Regina da Silva	Nanotecnologia e citologia: perspectivas para o ensino de biologia no século XXI	2009
3	Leonel, André Ary	Nanociência e nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio	2010
4	Lemos, Felipe Costa	Nanotecnologia e Química Ambiental: uma Abordagem para o Ensino Médio	2012
5	Rebello, Gabriel Antonio Fontes, et al	Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA	2012
6	Gama, Cátia Fernandes	Uma proposta para o ensino de nanociência e da nanotecnologia, nas aulas de física do ensino médio	2013
7	Gomes, Victor Fernandes de Souza Gomes Câmara, Maria Suely Costa da	Nanotecnologia e ligação química: proposta interdisciplinar para o ensino de química	2013
8	Oliveira, José Márcio de Lima	Nanociência e nanotecnologia no ensino médio: leituras de textos de divulgação científica na produção de significados sobre física moderna e contemporânea	2013
9	Fernandes, Argeu Cavalcante	Interdisciplinaridade, construtivismo e aprendizagem significativa: elementos facilitadores do ensino da nanotecnologia	2015
10	Ribeiro, Thalita Rodrigues Bezerra Jr., Arandi Alves, João Amadeus Pereira	Inserção de tópico de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociência e nanotecnologia	2015
11	Alberti, Thalita Rodrigues Ribeiro	Inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino de física:	2016

		elaboração de uma unidade didática com foco em nanociências e nanotecnologia	
12	Campos, Waldyr Carneiro de	Uma abordagem sobre nanotecnologia e evolução da ciência para alunos do Ensino Médio	2016
13	Halmenschlager, Karine Raquiel Delizoicov, Demétrio	Abordagem temática no ensino de ciências: caracterização de propostas destinadas ao ensino médio	2017
14	Lima, Nathan Willig Ostermann, Fernanda Cavalcanti, Claudio Jose de Holanda	Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015	2017
15	Baffa Lourenço, Ariane et al	A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como elemento de análise	2017
16	Ferreira, Emanuel	Nanotecnologia no ensino de química: uma interdisciplinaridade possível	2018
17	Silva, José Lucena Nunes da Câmara, Maria Suely Costa da	Divulgação científica no ensino médio: uma introdução a nanociência e nanotecnologia	2018
18	Prado, José Willia Santos	Medições em nano-escala: Uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio	2018
19	Tonet, Michele Duarte; Leonel, André Ary	Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física	2019
20	Tomkelski, Mauri Luís Scremin, Greice Fagan, Solange Binotto	Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior	2019

Fonte: elaboração pela autora

A escala nanométrica: Um olhar geral e a nanotecnologia

Como acontece com qualquer nova tecnologia, surgem preocupações com os impactos negativos causados pela nanotecnologia, já que muito pouco se sabe sobre os danos que esses novos materiais podem causar, não havendo, ainda, respostas precisas para todas essas questões. Porém, uma coisa é certa, as nanotecnologias

terão impactos sociais e econômicos; os cientistas acreditam que diferentes áreas da economia sofrerão, tornando os produtos obsoletos e gerando desemprego, pelo menos inicialmente. Isso vem ocorrendo desde a primeira revolução industrial, no século XVIII, e a sociedade se adaptou às novas tecnologias, que não devem ser condenadas de antemão (UOL, 2006).

A nanotecnologia também gerará problemas no campo da bioética, experimentando, também, a mesma resistência que existiu em relação aos transgênicos. Vale ressaltar que a nanotecnologia já atua no setor alimentício em mais de 500 produtos que contêm nano aditivos sintéticos. No entanto, ainda não há controle ou legislação sobre eles.

Desdobramentos no campo social do uso de ferramentas nanotecnológicas

É pertinente mencionarmos aqui que o desenvolvimento de produtos e serviços com nanotecnologia são elementos protagonistas que podem gerar significativas mudanças no contexto socioeconômico, e, portanto, existe a possibilidade da geração de novos empregos, todavia, alguns poderão desaparecer. O aspecto chave a ser refletido aqui é que com o avanço da nanotecnologia como área de conhecimento técnico científico, muito provavelmente países em desenvolvimento e até mesmo os ditos países em subdesenvolvimento ou emergentes se alinhem para o uso dessa tecnologia, mas, em contrapartida, poderemos ver em um futuro próximo a acentuação de abismos socioeconômicos entre tais países. Um elemento que é interessante ser salientado aqui é que a concentração do poderio militar e de informação possa gerar um desdobramento em vários problemas imensuráveis nesse contexto, haja vista, resalto aqui que isso é uma especulação. Uma exemplificação de um possível desdobramento no contexto geopolítico seria a geração de eventos de nanoterrorismos que podemos estabelecer um elo comparativo com bioterrorismo.

Implicações da nanotecnologia no meio ambiente

O uso da nanotecnologia no contexto da manipulação das características atômico-moleculares já é sabido que vem produzindo resultados bastante positivos e promissores na área ambiental. Como exemplo disso, podemos mencionar as resinas

magnéticas que possuem a formidável capacidade de remoção de metais da água, o que é importantíssimo nas atividades de tratamentos de efluentes. Acrescido ao exemplo anterior citado pode-se inferir que a nanotecnologia é uma área de conhecimento que configura um possível protagonismo na busca pelo desenvolvimento sustentável. Em contrapartida, já é descrito na literatura científica alguns alertas sobre o uso de nanomateriais na área biomédica e do meio ambiente, como recorte para uma simples exemplificação disso, um estudo apresentado pela American Chemical Society mostrou que buckyballs, ou fulerenos podem apresentar potencial para ocasionalmente haja danos cerebrais em animais marinhos, o que denota aqui uma sinalização para um uso com ressalvas e cuidado de nanopartículas.

Impactos da Nanotecnologia e da Nanobiotecnologia na área de saúde humana

Invariavelmente é possível afirmarmos que o fato das e nanomateriais apresentarem dimensões semelhantes à de estruturas celulares é um bom indicativo que essas partículas poderiam ser direcionadas para a solução dos mais diversos problemas, como, por exemplo, distribuição de fármacos no organismo, entretanto, outro ponto que emerge aqui é que elas também podem apresentar um possível efeito maléfico no organismo humano, como, por exemplo, algumas partículas como nanotubos que ocasionalmente podem desencadear eventuais danos ao sistema respiratório, um exemplo acessório é o uso de protetores solares com nanopartículas de dióxido de titânio sem que haja recomendações sobre eventuais riscos. Nesse sentido, embora a nanotecnologia aponte com uma promissora área para a remediação de vários problemas no campo das ciências médicas, é necessária cautela e estudo mais aprofundados sobre os desdobramentos de nanotecnologia respiratório sobre a saúde humana e animal.

Cenário Atual e Futuro: Iniciativas mundiais

A nanotecnologia está expandindo-se em um ritmo muito acelerado, inclusive, com uma demanda massiva de investimento. Para se ter uma noção disso, podemos citar os EUA que está destinando recursos financeiros no campo da nanotecnologia de maneira bastante acentuada, por exemplo, em 2007, gastaram meados de 1,2 bilhões de dólares em infraestrutura de laboratórios. O Japão, outra potência no desbravamento da nanotecnologia tem investido em proporções semelhantes, a China

desde 2005 tem assumido a dianteira na publicação de artigos científicos sobre nanotecnologia.

A Nanotecnologia no Brasil

Infelizmente na realidade brasileira os investimentos são poucos, todavia, há alguns indicativos de avanços, como, por exemplo, a criação de quatro rede nacionais de nanotecnologia, que inclui mais de 300 pesquisadores e vários pós graduandos distribuídos pelo país que se debruçam sobre subáreas da nanotecnologia. No entanto, ainda é pouco se comparado ao investimento em pesquisa em nanotecnologia no exterior. Alguns marcos relevantes no desenvolvimento da nanotecnologia no país:

- 1987 - Investimento do CNPq em equipamentos para técnicas de crescimento epitaxial de semicondutores;
- 2001 - Criação das 4 redes de nanotecnologia CNPq / MCT e apoio a 4 Institutos do Milênio na área;
- 2003 - Foi criado o grupo de trabalho de nanotecnologia para preparar o programa de nanotecnologia;
- 2003 - Criação da Coordenação Geral de Políticas e Programas Nanotecnológicos. Atualmente Coordenação de Micro e Nanotecnologias;
- 2004 - Início do Programa de Desenvolvimento de Nanociências e Nanotecnologia no âmbito do PPA - 2007;
- 2004 - Criado pelo GL para estudar a implantação do Laboratório Nacional de Micro e Nanotecnologias;
- 2004 - Implementação da Ação Transversal de Nanotecnologias nos Fundos Setoriais;
- 2004 - É criada a Rede Brasil Nano e seu Comitê Gestor;
- 2005 - Nomeação dos membros do Conselho de Administração da Rede Brasil Nano;
- 2005 - Lançamento do Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN);
- 2005 - Assinado Memorando de Entendimento entre Brasil e Argentina para a criação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologias (CBAN).

A abordagem de temas de relevância científica, como a nanotecnologia, para serem trabalhados no ensino médio, é sugerida nos PCN+(Ensino Médio). Estando as nanociências e as nanotecnologias associadas à contextualização econômica,

social e principalmente científico-tecnológica, baseiam-se também no conhecimento químico e são extremamente capazes de permitir ao aluno compreender os próprios processos químicos e a construção do conhecimento científico em estreita relação com o tecnológico aplicações e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Ao longo deste tema podem ser abordados vários assuntos da base curricular comum da química, como por exemplo, átomos e suas características, propriedades da matéria, interações intermoleculares, tabela periódica, colóides e suas propriedades, evolução do pensamento científico, bem como a inserção de conteúdos tecnológicos atuais como a nanotecnologia estimulando aprendizado e o desenvolvimento de uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão das técnicas e dos princípios científicos relacionados. O presente trabalho também apresenta propostas de atividades experimentais de fácil acesso e baixo custo, que podem ser levadas para o laboratório, demonstrações em sala de aula, assim como para uma feira de ciências ou outras atividades extraclasse. Elas estão em consonância com os conteúdos expostos reforçando o processo de aprendizado estimulando a observação e o desenvolvimento da habilidade de deduzir. Estas atividades, como confirmam os PCNs, merecem especial atenção no ensino de Química.

Segundo Gerhard (2010), a consequência da forte disciplinaridade na significação necessária ao aprendizado científico acaba por acarretar o impedindo da formação de conexões entre conhecimentos, logo, o que se visualiza é um conhecimento fragmentado. Nesse sentido, evocar as falas da autora é interessante no sentido de que possamos avaliar que a maneira a qual o currículo do eixo de ciências naturais tem-se apresentado nos últimos anos baseado exclusivamente em séries e disciplinas leva à fragmentação do conhecimento científico, separando-o em diferentes áreas de conhecimento, com programas que mostram conteúdos de maneira desvinculada, permitindo pouca ou nenhuma conexão entre disciplinas diferentes.

É importante aqui destacar-se que a fragmentação do currículo, quando percebida e assimilada pelos alunos, faz com que os mesmos deixem de compreender a existência de conexões não só entre as disciplinas, mas também entre o conteúdo estudado e seu cotidiano, levando à falsa ideia de uma realidade científica na qual não é necessário encontrar algo que a caracterize (Lavaqui e Batista, 2007; Gerhard,

2010). Isso leva à uma maior dificuldade não só na compreensão dos conteúdos, mas também no desenvolvimento do espírito científico estudantil.

Outro elemento que se faz necessário evoca nesse momento é a maneira a qual os assuntos de nanotecnologia e nanociências são tanto apresentados, quanto contextualizados aos alunos do ensino médio, muitas vezes o aluno já embebido num sentimento de total despreço pelos conteúdos curriculares em química e ciências correlatas tende a acreditar que tal conhecimento é inútil ou muito distante do seu dia a dia, em parte isso é ocasionado pela ausência de uma contextualização e aplicação de conceitos que interligue outras áreas de conhecimento, como, as ciências humanas , no sentido de trazer um intercâmbio de ideias e propostas de debates, contextualizando e ampliando o leque de repertório de problematizações e possíveis investigações científicas. Acrescido a isso é pertinente pontuar que a ausência de formação continuada dos docentes associado com a ausência de uma infraestrutura para o desenvolvimento de experimentos acaba por distanciar ainda mais o ensino de nanotecnologia da realidade do ensino público.

6 CONCLUSÕES

Como relatado ao início, o objetivo geral desse estudo foi contextualizar o ensino de química com a utilização de um tema transversal- nanotecnologia no âmbito do Ensino Médio.

Com a nanotecnologia, experimentou-se uma nova oportunidade de extração de novas propriedades para materiais até então totalmente conhecidos, bem como novas teorias para assuntos exaustivamente já abordados.

Tal característica da nanotecnologia refere-se ao desenvolvimento da capacidade de atribuição, pelos alunos, de um novo enfoque a situações problemáticas que ocorrem no laboratório, em sala de aula ou até mesmo na vida cotidiana, alargando as possibilidades de se extrair soluções não previamente identificadas.

Da mesma forma que essas "novas" propriedades sempre existiram e não foram vistas por falta de tecnologia, o aluno será estimulado a buscar novos conhecimentos para solucionar velhos desafios, retratando, assim, uma experiência de aprendizagem vivenciada pelo aluno ao longo de sua vida.

Além disso, tem-se como pontuar no sentido de que a introdução da nanociência e da nanotecnologia nas escolas durante o Ensino Médio é uma forma importante de incentivar os alunos a aprender. Isso porque, ao expor novos paradigmas, o aluno se capacita a participar dessa realidade, e de alguma forma participar ou pelo menos perceber a revolução que essa nova tecnologia está causando em todo o mundo, e que pode estar mais perto dele do que ele imagina.

Diante de todo o exposto, pode-se concluir pela possibilidade de inserção da nanotecnologia no Ensino Médio do primeiro ao terceiro ano, entregando-se o grau de embasamento teórico em conceitos da química relativos à matéria, tais como propriedades da matéria, átomos, forças de Van der Waals, dentre outros, além das habilidades neles já desenvolvidas, que são necessárias para o entendimento da relevância dos avanços científico-tecnológicos. Sugere-se, para esse fim, o uso de recursos didáticos inovadores, que despertem a atenção e interesse dos alunos sobre a temática.

Para estudos futuros, apresenta-se como sugestão a elaboração de um plano de aula voltado para a inserção da nanotecnologia como conteúdo a ser abordado no

ensino da química para alunos do 1º ao 3º ano do Ensino Médio, buscando-se, por meio dos resultados obtidos em sala de aula, confirmar – ou refutar – os benefícios aqui relatados.

6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, V. S.; SIQUEIRA-BATISTA, R.; TANJI, S.; MOÇO, E. T.-S. M. Currículos disciplinares na área de saúde: ensaio sobre saber e poder. **Interface - Comunicação, Saúde e Educação**, Botucatu, v. 13, n. 31, p. 261-272, 2009.

AMORIM, A. C. R. O que foge do olhar das reformas curriculares: nas aulas de biologia, o professor como escritor das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 47-65, 2001.

AUGUSTO, T. G. D. S. et al. **Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço**. Ciência & Educação (Bauru), p. 277-289, 2004. ISSN 1516-7313.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica**. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais ensino médio: bases legais**. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 2000a. v. 1.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 2000b. v. 3.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais ciência da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 2002. v. 2.

BUSHAN, Bharat. **Springer Handbook of Nanotechnology**. Ohio: USA: Springer-Verlag, 2004. 1222p.

CHIBENI, S. S. **Introdução à filosofia da ciência**. 2011

FARIAS, C. R. O.; CARVALHO, W. L. P. Desvelando relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente a partir de um processo judicial sobre danos ambientais. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 17, n. 2, p. 316-330, 2006.

FILLIPPONI, L.; SUTHERLAND, D. **Nanotechnologies: principles, applications, implications and hands-on activities: compendium for educators**. Luxembourg: European Commission, 2013.

FOUREZ, G. **Crise no ensino de ciências? Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-14, 2003.

GERHARD, A. C. **A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio**. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). FACULDADE DE FÍSICA, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. D. L. **Interdisciplinaridade em ensino de Ciências e de matemática no ensino médio**. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 3, p. 399-420, 2007.

MURRIELLO, S.; CONTIER, D.; KNOBEL, M. Desafios de uma exposição sobre nanociência e nanotecnologia. **Journal of Science Communication**, Trieste, v. 5, n. 4, p. 1-11, 2006.

SILVÉRIO, J. **Atividades experimentais em sala de aula para o ensino da química: percepção dos alunos e professor**. 2012. 50 f. Monografia (Graduação em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; MARIA DA SILVA, L.; MACEDO JÚNIOR, M. A. V.; ALVES FERREIRA, R.; PIRES-DO-PRADO, H. J.; SIQUEIRA-BATISTA, R.; HELAYËL-NETO, J. A. Nanociência e nanotecnologia: aplicações em medicina In: ENCONTRO NACIONAL DE FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA, 31., 2008, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2008. 1 cd-rom

SIQUEIRA-BATISTA, R.; SIQUEIRA-BATISTA, R. Os anéis da serpente: a aprendizagem baseada em problemas e as sociedades de controle. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 1183-1192, 2009.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; MEDEIROS-SOUZA, R. R.; MARIA DA SILVA, L.; SILVA, C. A.; PIRES-DO-PRADO, H. J.; RÔÇAS, G. Nanotecnologia e ensino de ciências à luz do enfoque CTS: uma viagem a Lilliput. **Ciências e Idéias**, Nilópolis, v. 1, n. 1, p. 76-86, 2009.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

TOMKELSKI. **O ensino de tópicos de nanociência e de nanotecnologia na educação básica e superior**: uma análise a partir das compreensões de professores. 2017. 209 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Franciscana, Santa Maria, 2017.

ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: UFES, 2009.

TOMKELSKI, Mauri Luís; SCREMIN, Greice; FAGAN, Solange Binotto. Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 25, n. 3, p. 665-683, Sept. 2019 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132019000300665&lng=en&nrm=iso>. access on 18 May 2021. Epub Oct 07, 2019. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190030014>.