

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DIRETORIA DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA MODALIDADE EAD

LIA GRACY ROCHA DINIZ

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM DA NANOCIÊNCIA E DA
NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

SÃO LUÍS - MA
2022

LIA GRACY ROCHA DINIZ

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM DA NANOCIÊNCIA E DA
NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física modalidade EaD da Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Guillermo Lazar Mentech

SÃO LUÍS -MA
2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

ROCHA DINIZ, LIA GRACY.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM DA NANOCIÊNCIA E DA
NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO / LIA GRACY ROCHA DINIZ. -
2022.

31 f.

Orientador(a): GUILLERMO LAZAR MENTECH.

Curso de Física, Universidade Federal do Maranhão, SÃO
LUÍS, 2022.

1. Ensino de física. 2. Nanociência. 3.
Nanotecnologia. I. LAZAR MENTECH, GUILLERMO. II. Título.

LIA GRACY ROCHA DINIZ

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM DA NANOCIÊNCIA E DA
NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física Modalidade EaD da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, para conclusão do curso.

Aprovação em: 14/02/2022

Prof. Dr. Guillermo Lazar Mentech
Universidade Federal do Maranhão
Orientador

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel
Universidade Federal do Maranhão

Aos meus pais Getúlio Pereira Diniz (*Im
Memoriam*) e Maria das Neves Rocha
Diniz, pelo amor, educação e inspiração
que me proporcionam constantemente,
aos meus irmãos Joubert Diniz, Elton Diniz
e Jadson Diniz, pelo incentivo, amizade.
Por vocês e para vocês!

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, exemplo de mulher, inspiração constante que me incentiva a vencer todos os obstáculos que a vida oferece.

Aos meus irmãos, Elton, Jadson e Joubert Diniz pelo incentivo e amizade em todos os momentos de minha vida.

Aos meus tios Felipe, Noberto e Verônica Rocha.

Aos meus avós Eugênio Rocha e Terezila Diniz (*Im Memoriam*) por todo carinho depositado.

Aos meus sobrinhos, Arthur, Elaine, Ellen, Elton e Heitor, pelos momentos calorosos, sorrisos e instantes de descontração e alegria.

Ao Prof. Guillermo pela orientação.

Aos amigos conquistados durante o curso.

Aos tutores do curso, sempre solícitos

E a todos aqueles que fazem parte da minha vida e me ajudaram a chegar até aqui.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo fomento ao Curso de Física.

“Tudo é interessante, se você olhar o suficiente”

Richard Feynman

RESUMO

Nanociência e Nanotecnologia, estão entre os temas de grande interesse no mundo, devido os avanços tecnológicos, que veem proporcionando nas mais diversas áreas do conhecimento. Este estudo aponta que, múltiplas estratégias podem ser exploradas, abordando temas ligados à Nanociência e Nanotecnologia, incluindo o âmbito tecnológico, social e ambiental, podendo contribuir amplamente para o desenvolvimento de conceitos da física e suas aplicações, fundamentalmente pelas vias da contextualização, da interdisciplinaridade e da experimentação. À vista disto este trabalho tem por objetivo abordar a inserção de tópicos de Nanociência e Nanotecnologia no ensino brasileiro nos últimos anos. Fundamentando-se em resultados de pesquisa de natureza qualitativa, através de levantamento bibliográfico na área da física, nos quais esses tópicos são referenciados. A metodologia aplicada foi um o levantamento e análise das obras publicadas nos últimos dez anos que tem como foco a abordagem da Nanociência e nanotecnologia em salas da aula do ensino médio brasileiro. A seleção de material foi de natureza qualitativa. O levantamento dos dados, foi feito através consultas bibliográficas de livros, artigos e revistas de periódicos das plataformas CAPES, Google Acadêmico, Web of Science e SciELO. Observou-se que há trabalhos, com diferentes formas, níveis e possibilidades, recorrendo a recursos como, revistas em quadrinhos, jogos, teatro, metodologias colaborativas, discussões sobre textos científicos, e ainda, ferramentas de comunicação contemporâneas e informatizadas. A apresentação de temas sobre a Nanociência e Nanotecnologia nas escolas do Brasil, ainda pouco expressiva, sobretudo no Estado do Maranhão. Por conseguinte, é importante que mais trabalhos sejam propostos para fomentar essa importante temática.

Palavras-chave: Ensino de física. Nanociência. Nanotecnologia

ABSTRACT

Nanoscience and Nanotechnology are among the topics of great interest in the world, due to the technological advances, which they see providing in the most diverse areas of knowledge. This study highlights, strategies that can be explored, and approaching themes related to Nanoscience and Nanotechnology, including the comprehensive technology for the development of concepts of physics and their applications, foreseen by the ways of contextualization, interdisciplinarity, and experimentation. Therefore, this work aims to address the insertion of Nanoscience and Nanotechnology topics in Brazilian education in recent years. Based on research results of a qualitative nature, through a bibliographic survey in physics area, in which these topics are referenced. The methodology applied was a survey and analysis of recent published papers that focus on the approach of Nanoscience and Nanotechnology in Brazilian high school classrooms. The selection of the material has a qualitative nature. Data collection was carried out through bibliographic consultations of books, articles and journals using the SciELO, Google Scholar, and Web of Science databases. It was observed that there are works, with different forms, levels, and possibilities, using resources such as comic books, games, theater, collaborative methodologies, discussions on scientific texts, in addition to contemporary and communication tools. The presentation of topics on Nanoscience and Nanotechnology in high schools of Brazil, is still not very expressive, especially in the State of Maranhão. Therefore, it is important that more works are proposed to promote this important theme.

Keywords: Physics Teaching. Nanoscience. Nanotechnology

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
3. METODOLOGIA	13
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é a técnica de manipulação de estruturas atômicas e moleculares, desenvolvendo novos produtos em escala nanométrica, que podem variar entre 1 e 100 nm, à vista disso, a ciência que envolve o conhecimento das propriedades e potencialidades nessa escala nano é denominada “nanociência”, uma ciência interdisciplinar, envolvendo do conhecimento como por exemplo, física, química, biologia, engenharia, entre outras (ZANELLA, *et al.*, 2009; DELGADO, *et al.*, 2013).

Nos últimos anos tem surgido um considerável interesse em pesquisa sobre Nanociência e Nanotecnologia, devido às diversas aplicações dos nanomateriais, como por exemplo, protetores solares, cosméticos, artigos esportivos, roupas, pneus, eletrônicos, além de aplicações da nanotecnologia, em técnicas como, diagnóstico, imagem biomédica, detecção, monitoramento e tratamentos de poluentes em solos e águas (JEEVANANDAM, *et al.*, 2018).

Os avanços são ainda mais expressivos na área da saúde, por exemplo, no campo da biomedicina em especial em terapias para câncer, devido a enorme potencialidade solucionar as limitações dos tratamentos tradicionais de quimioterapia e radioterapia (BAYDA, *et al.*, 2020).

Para muitos, temas envolvendo a Nanociência e a Nanotecnologia, trata-se de algo inalcançável e distante da vida diária, apresentando-se como conteúdos tratados apenas por grandes cientistas e pesquisadores, em laboratórios sofisticados e caros, algo distante das salas de aula de ensino básico e médio, o que vêm a criar obstáculos onde a maioria das pessoas tem o primeiro contato com a física (ELLWANGER, *et al.*, 2012; SILVA; SANTOS, 2021).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do ensino médio, não assinala diretamente conteúdos sobre Nanociência e Nanotecnologia, mas aponta que dentro das capacidades a serem desenvolvidas pelos alunos estão: analisar; avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo; utilizar métodos e linguagens de cunho científico; propor soluções; 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 (MEC, 2018)

Abordar nanociência e nanotecnologia em sala de aula vem a ser um desafio, considerando os conteúdos da física moderna e contemporânea, ainda são pouco discutidos, o que inibe o interesse nessas temáticas. Promover esses tópicos em sala de aula, vem a fomentar a capacidade de relacionar a física com a nossa realidade e enxergá-la como a ciência contemporânea, interdisciplinar, cujos produtos fazem parte do dia a dia de todos, são constantemente usados pela população, facilitam a vida, deixando-a mais prática. No entanto, os mecanismos de funcionamento não são claros numa escala tão pequena (SOARES, 2019).

Muitos estudantes, não tem uma boa base no ensino básico e já chegam ao ensino médio com muitas dificuldades, sobretudo em ciências da natureza, faltando uma visão mais ampla de temas como nanotecnologia, que se trata de um tema interdisciplinar. Neste sentido é importante conhecer o que vem sendo discutido de nanotecnologia dentro das escolas, no intuito de desenvolver estratégias e metodologias para abordagem desta ciência no ensino médio.

2. OBJETIVOS

Geral

Apresentar as diferentes abordagens dos tópicos de Nanociência e nanotecnologia no ensino médio brasileiro.

Específicos

Apresentar uma revisão bibliográfica sobre como estão sendo abordados nos últimos dez anos, os conteúdos sobre Nanociência e Nanotecnologia no currículo do ensino médio, com foco no estado do Maranhão.

Discutir quanto ao desenvolvimento de abordagens interdisciplinares relacionadas as aplicações da Nanociência e nanotecnologia no cotidiano.

3. METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão bibliográfica, com o levantamento e análise das obras publicadas nos últimos anos (a partir de 2010), que tem como foco a abordagem da nanotecnologia em salas da aula do Brasil, sobretudo no estado do Maranhão.

Para o levantamento dos dados, utilizaram-se consultas bibliográficas a artigos e revistas de periódicos das plataformas CAPES, Google Acadêmico, Web of Science e SciELO.

Com o intuito de tornar a leitura mais clara e de melhor compreensão, a partir dos dados levantados foram elaboradas tabelas, apresentando como a Nanociência e Nanotecnologia veem sendo abordadas em salas de ensino médio do Brasil, com foco no estado do Maranhão.

Do vasto número de publicações existentes sobre nanociência e nanotecnologia, foram elencadas 16 abordagens metodológicas aplicadas no Brasil, dentre estes estão apresentados, 4 artigos, 4 trabalhos acadêmicos (dissertações de mestrado e monografias), 4 resumos apresentados em eventos, 2 notícias em meios digitais e 2 plataformas digitais.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A escola tem como função institucionalizada ser ambiente de construção do conhecimento, proporcionando aos alunos, a formação de cidadãos agentes transformadores da sociedade. Aplicando metodologias de ensino, do currículo e diferentes ferramentas, condizentes com o Projeto Político Pedagógico (PPP) de cada instituição de ensino (GOMES ; RODRIGUES, *et al.*, 2019)

Uma política didática e educacional sobre aulas interdisciplinares de ciências com a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) são discutidas desde a década de 60. Em seguida, foi observada a conexão desta abordagem com as consequências ambientais, levando esta perspectiva a ser usualmente denominada de Ciência-Tecnologia- Sociedade-Ambiente (CTSA) (REBELLO, *et al.*, 2012).

No Brasil ainda são encontrados muitos desafios, uma vez que o ensino de física abordando temas específicos como, Nanociência é bastante tímido e o incentivo por parte das políticas pública é escasso, tanto em discussões em sala de aula quanto através de aulas práticas (SIQUEIRA, 2006; SILVA; SANTOS, 2021).

Existem ações voltadas para fomentar o desenvolvimento do país no campo da nanotecnologia, como o financiamento de projetos de pesquisas através do Programa Nacional de Nanotecnologia criado em 2002, no entanto, foram poucos os avanços da produção e a divulgação de produtos com nanotecnologia quando comparado a outros países (DE MENEZES, 2015).

O Quadro 1, apresenta um quadro-síntese, apontando aspectos importantes do ensino de Física no Brasil da revolução nanotecnológica nos últimos anos. A fim de proporcionar uma melhor compreensão do quadro, o período histórico está representado por décadas em que ocorreram os eventos, especificando-se o ano dentro do contexto dando ênfase aos eventos supracitados (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008; DA ROSA; DA ROSA, 2012; PLENTZ; FAZZIO, 2013; DE MENEZES, 2015).

Quadro 1: Quadro-síntese sobre os principais acontecimentos no ensino de física, incluindo os avanços na nanociência e nanotecnologia no Brasil e no mundo.

PERÍODO HISTÓRICO	PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS NO ENSINO DE FÍSICA INCLUINDO NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA
<p>1903 - O sistema educacional brasileiro tornou-se efetivo</p> <p>1920 - Debate educacional</p> <p>1932 - Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Projeto de lei busca modificar o panorama nacional no ensino de Ciências Naturais, ✓ obrigatoriedade de laboratórios para desenvolver os conteúdos de Física e Química.
<p>1946 - Constituição de 1946</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Discussão em torno da elaboração da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB ✓ Foi firmado o primeiro acordo entre o Brasil e os EUA, para equipar 33 escolas técnicas industriais, o que fez com que os americanos passassem a ter uma influência cada vez maior no contexto educacional brasileiro.
<p>1956 - Corrida ao desenvolvimento científico tecnológico nos USA, o que acabou por se refletir no ensino de Ciências no Brasil</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rui Barbosa é apontado na literatura como líder decisivo na defesa da inclusão das Ciências Naturais como conteúdo curricular nas escolas brasileiras. ✓ O ensino de Ciências reforça as características positivas da ciência e da tecnologia, ignorando as negativas. ✓ O ensino de Ciências, em particular o de Física, nesse período, encontrava-se fortemente vinculado aos exames de admissão ao ensino superior, Transmissão de conteúdo, generalista e extremamente expositiva duas modalidades de Ensino Colegial (Clássico e Científico) não apresentavam diferenças significativas no desenvolvimento dos conteúdos de Física, Química e Biologia, Projetos de ensino de Ciências no Ensino Secundário, com as disciplinas de Química, Física, Biologia e Geociência. (parâmetros USA) ✓ No ensino de Física, o projeto que mais repercutiu sendo traduzido para o português, foi o PSSC, um projeto que envolvia vinte milhões de dólares, iniciado em Massachusetts, EUA, no Institute of Technology – MIT, em 1957.

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conferência de Richard Feymann na Reunião da Sociedade Americana de Física
<p>1960 - Elevação da ciência à condição de fator indispensável para a vida industrial e cultural do país.</p> <p>1961 – Promulgada a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB – lei nº 4.024, de 20/12/1961,</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O ensino de Física passou a ser objeto de preocupação inserção dos jovens nas carreiras científicas. ✓ O início do ensino de Física como área de pesquisa. ✓ Ampliação do currículo de disciplinas científicas
<p>1970 - Governo dos militares</p> <p>1974 -Norio Taniguchi cunha o termo nanotecnologia</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Corrida para a modernidade, para o desenvolvimento, tendo na educação, em especial no ensino de Ciências, ✓ Criação de cursos de pós-graduação em Ensino de Física (USP, UFRGS) ✓ O termo nanotecnologia foi definido por Norio Taniguchi, professor da Universidade de Ciência de Tóquio “Nanotecnologia consiste no processo de separação, consolidação e deformação de materiais átomo por átomo ou molécula por molécula”.
<p>1985- Descoberta dos fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley</p> <p>1986 – Popularização do termo Nanotecnologia</p> <p>1988 - Promulgada a nova Constituição</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vários debates surgiram questionando as experiências feitas em laboratórios, ✓ O Brasil, ainda não apontava avanços em setores como os ligados à educação, à ciência e à tecnologia. ✓ Publicação do livro intitulado "Engines of Creation". Com isso, a nanotecnologia ganhou impulso na comunidade científica.
<p>1991- Descoberta dos nanotubos pelo físico japonês Sumio Iijima (NEC Corp. Fundamental Research Laboratory),</p> <p>1993 – Observações quanto as estruturas do fulerenos e nanotubos de carbono.</p> <p>1996 – Promulgada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, a LDB – Lei nº 9.394/96</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nanotubos: Moléculas de carbono cilíndricas e ocas com novas propriedades (eletrônicas, magnéticas e mecânicas, além da alta resistência e alta eficiência em conduzir calor). ✓ Através da descoberta de nanotubos de carbono de parede única, percebeu-se que fulerenos e nanotubos de carbono de paredes múltiplas não são molecularmente perfeitos ✓ Estrutura as etapas de ensino (Básico, Fundamental, Médio e Superior) e acrescenta um ano a mais ao Fundamental

<p>1997- Como complementação à LDB, o Ministério da Educação e Cultura – MEC, elaborou os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Exigência de formação superior para contratação de professores, o que acaba com a função do "curso normal.
<p>2001- Lançamento do programa americano “National Nanotechnology Initiative – NNI” A China cria o Comitê Nacional para Nanociência e Nanotecnologia (NSCNN) e publica o programa “National Nanotechnology Development Strategy 2001-2010” 2002 – O Brasil lança o Programa Nacional de Nanotecnologia. 2005 - James Tour da Rice University desenvolveu o nanocarro. Uma molécula no formato H e com moléculas de fulereno servindo como rodas. 2006 – O tema “Nanotecnologia” tenha aparecido pela primeira vez nas Orientações Curriculares para Ensino Médio. 2007 - XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física (Ensino de Física e sustentabilidade, São Luís -MA). 2008 – Publicação das Orientações Curriculares para Ensino Médio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apesar de muitos cientistas já estarem trabalhando na área desde a década de 90, em 2001 essa tecnologia passou a ter repercussão mundial. ✓ Manifesto: Compromisso por uma educação para a sustentabilidade ✓ Lançamento do Livro “O mundo nanométrico: a dimensão do novo século” (Henrique E. Toma - professor do Instituto de Química da USP). ✓ O nanocarro foi colocado sobre uma superfície de ouro. ✓ O carro se movimenta quando a temperatura da superfície chega a 200°C ou quando é empurrado por um STM. ✓ Nanotecnologia (como um dos ramos da Física Moderna e Contemporânea – FMC) é apontado nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, na área de Ciências Naturais e Matemática. ✓ Discussões sobre a necessidade de uma Física para a sustentabilidade.
<p>2013- Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN);</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Crescente interesse por parte dos professores em aprofundar e conhecer mais sobre o tema nanotecnologia.

<p>Nanotecnologia no Ensino de Química.</p> <p>2014 - Comitê Interministerial de Nanotecnologias – CIN</p> <p>Portaria MCTI 510, 09/07/2012.</p> <p>2016 – Prêmio Nobel</p> <p>2018 – Investimentos em nanotecnologia</p> <p>2019 - Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) 2020 –</p> <p>Aprovação do projeto de Lei 880/</p> <p>Marco Legal da Nanotecnologia no Brasil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Instituído com a finalidade de viabilizar a integração da gestão, atuando no aprimoramento das políticas, estratégias e ações de financiamento e integração orçamentária de cooperação internacional, voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no país. ✓ Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart e Bernard L. Feringa (Prêmio Nobel de Química pelo design e síntese de máquinas moleculares). ✓ O orçamento da NNI era de \$1,2 bilhões de dólares para apoiar a nanociência, engenharia tecnologia. ✓ Política Nacional para o Desenvolvimento da Nanotecnologia. ✓ Apoio às empresas nacionais que produzam insumos nanotecnológicos e o incentivo à competição e à produtividade deste mercado.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fontes: [De Menezes (2015); Da Rosa; Da Rosa (2012); Plentz; Fazzio (2013); Fernandes; Filgueiras (2008); Dias, *et al.*, 2021]

Diversos autores estão discutindo, sobre a importância da nanotecnologia inserida em temas atuais, aproximando conceito e aplicações, direcionando os benefícios e desafios da nanotecnologia para a sociedade (REBELLO, *et al.*, 2012; PANOSSO *et al.*, 2015)

Alguns desses trabalhos propõem, a aprendizagem de conceitos relacionados à nanociência e nanotecnologia empregando-se diferentes ferramentas, como: Experimentos em laboratório, projetos sociais, seminários, workshops e plataformas, jogos educativos (MELO, *et al.*, 2012; LEITE, 2013; SANTOS, 2018)

As diferentes abordagens da nanociência e nanotecnologia em salas de aula do ensino médio no Brasil estão elencadas no Quadro 2.

Quadro 2: Quadro-síntese sobre diferentes abordagens da Nanociência e Nanotecnologia em salas de aula do ensino médio.

Série	Tema	Tipo de abordagem	Local de aplicação	Ano de aplicação	Ref.
Todas as séries do ensino médio	MAIS UNIFRA	Espaço virtual contendo conteúdos digitais e objetos de aprendizagem “Conceitos básicos relacionados com Nanociências” e “Propriedades Óticas em Nanociências”.	Santa Maria, RS	2010	(MAIS UNIFRA, 2011)
Todas as séries do ensino médio, Cursos de graduação	Preparação de nanopartículas de prata e ouro	Experimentos em laboratório	Campinas, SP	2012	(MELO, 2012)
Todas as séries do ensino médio	Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia	Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw. Uso de texto de divulgação científica	Porto Ferreira, SP	2013	(LEITE, 2013)
3º ano do ensino médio	Mapas conceituais	Construção de mapas conceituais pelos alunos	Santa Maria, RS	2013	(GRANADA <i>et al.</i> , 2013)
Todas as séries do ensino médio	Utilizando Quadrinhos como motivação para a introdução da nanotecnologia na Educação Básica através da construção de uma escala decimal	Revista em quadrinhos Construção de escala	Campina Grande, PB	2014	(BEZERRA, 2014)

Todas as séries do ensino médio	“Compreendendo o mundo nano: afinal, o que Nanociência e Nanotecnologia?”.	Cartilha, em forma de História em quadrinhos, para professores e estudantes do ensino médio	Quixadá, CE	2016	(AQUINO, 2016)
Todas as séries do ensino médio	“Caza-Nano”	Utilização de jogos educativos	Birigui, SP	2017	(RIBEIRO, et al., 2014)
Todas as séries do ensino médio (Escola de cegos)	"Nanociência a serviço da deficiência visual"	Palestras Apresentação de maquetes e modelos	Imperatriz, MA	2017	(RIBEIRO, 2017)
Todas as séries do ensino médio	Ensinano	Plataforma online Conteúdos Educacionais E-books Cursos e palestras	Online	2017	(GOMES, D; TOMA, 2017)
3º ano do ensino médio	Práticas pedagógicas de extensão sobre nanotecnologia para o ensino e aprendizado de alunos do ensino médio.	“Ciclo de Palestra sobre Nanotecnologia” Oficinas temáticas Jogo: Nanolúdico	Brasília, DF	2018	(SANTOS, 2018)
1º ano do ensino médio	Medições em nano-escala: Uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio	Medições em nano-escala	Barra do Choça, BA	2018	(PRADO, 2018)

1º e 3º ano do ensino médio	A Física em escala nanométrica e o teatro como instrumento pedagógico	Dramaturgia: Teatro Jornal, Teatro Fórum, Teatro Imagem, Teatro do Invisível e Teatro Legislativo	Codó, MA	2019	(SOARES, 2019)
3º ano do ensino médio (Educação de Jovens e Adultos - EJA)	Partículas nanométricas	Exibição de vídeos Leituras Aplicação de questionários	São José de Ribamar, MA	2019	(COSTA, 2019)
Todas as séries do ensino médio	#NANOTEAM – O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas: Nanociência por meio de uma abordagem colaborativa.	E-book - Guia Didático de Ciências.	Online	2020	(BERGER, 2020)
Todas as séries do ensino médio	Uma proposta didática de ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio usando o método Jigsaw	Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw.	Bauru, SP	2017	(ÂNGELO JÚNIOR, 2017)
Formação profissional	Nanomundo	Escola móvel: Laboratório	São João da Boa Vista, SP	2021	(SENAI, 2021)

A dificuldade e até mesmo a falta de interesse por muitos, quanto ao estudo da física pode estar relacionado ao ensino descontextualizado e desestimulante nos primeiros anos da escola, onde os estudantes não veem sentido nos conceitos ensinados a eles (REBELLO, 2012; SOARES, 2019).

Uma proposta para sanar essa problemática, seria a abordagem da Física nas mais diversas áreas do conhecimento, discutindo-se os fenômenos do cotidiano como, Óptica, Eletromagnetismo, conceitos de Física Moderna e Contemporânea, com ênfase na Física aplicada na Engenharia, Ciências biológicas, Medicina e arte (CARDOZO, 2020).

Quando bem elaboradas e exploradas, aulas práticas são recursos didáticos importantes para aprimorar o ensino de ciências. As demonstrações experimentais, pois permitem uma melhor construção dos conceitos ao facilitar a ilustração e a visualização de fenômenos envolvidos e ao estimular e despertar o interesse e a participação dos alunos [MELO, 2012; AQUINO,2016; PRADO, 2018].

No município de São João da Boa Vista, São Paulo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), adotou uma forma inusitada de levar o ensino de Nanociência e Nanotecnologia, através de uma escola móvel, denominada "Nanomundo", a escola conta com diversos equipamentos, como microscópio eletrônico de varredura, sistema de fabricação de dispositivos por nanolitografia, microscópio de força atômica e analisador de tamanho de partículas a fim de atender demandas da formação profissional em cidades nas quais não há uma unidade fixa e/ou aonde não há programas de ensino requeridos por instituições interessadas [SENAI, 2021].

Ribeiro e colaboradores, 2018 e Santos reportaram que jogos educativos são ferramentas interessantes para motivar e promover um ensino eficaz de questões sobre nanociência e nanotecnologia, por exemplo jogo lúdico, denominado como "Nanolúdico", foi elaborado por professores e alunos de uma escola estadual de Brasília, com o objetivo de fazer com que os alunos assimilassem assuntos tais como; a dispersão das gotículas em sistemas nanoemulsionados e mobilidade eletroforética das partículas (RIBEIRO *et al.*, 2020; SANTOS, 2018).

Em uma escola de Birigui, interior de São Paulo, foi proposto a alunos de ensino médio um jogo denominado Caza-nano, que teve por finalidade aprimorar o uso de notação científica e através disso trabalhar questões sobre nanociência e nanotecnologia de acordo com sua ordem de magnitude (RIBEIRO *et al.*, 2020).

O método cooperativo de aprendizagem chamado Jigsaw é bastante explorado como recurso no ensino de nanociência e nanotecnologia no Brasil. Este método tem por finalidade estimular discussões entre os alunos, Jigsaw consiste em envolver os alunos uns com os outros de forma que em conjuntos possam resolver problemas ou discutir situações. Esse recurso foi explorado em escolas do interior de São Paulo, como uma alternativa para construção do conhecimento e ainda como instrumento de avaliação [LEITE *et al.*, 2013, ÂNGELO JÚNIOR *et al.*, 2017].

Um recurso que promove uma linguagem bastante acessível é a utilização de revistas em quadrinhos, por se tratar de um gênero textual que tem como característica, o meio visual composto de ilustrações e linguagem coloquial, porém objetiva e precisa, o que facilita o entendimento dos temas. Na atual Legislação Educacional, nos Parâmetros Curriculares Nacionais, essa atividade é considerada como uma ferramenta educativa de caráter lúdico, que busca contextualizar o conhecimento científico por meio de uma linguagem mais acessível (BRASIL, 2018; BEZERRA, 2014).

Atualmente, Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), já estão presentes em diversas áreas do conhecimento, inclusive em contexto educacional para o ensino de Ciências. No Brasil existem algumas plataformas e recursos digitais voltados ao ensino e divulgação da nanotecnologia, por exemplo a plataforma digital Ensinano, e é considerada referência nacional na produção de materiais educativos e conteúdo para ampla divulgação da nanotecnologia na sociedade (GOMES *et al.*, 2021).

No Maranhão, ainda que de maneira tímida, já existem relatos de discussões sobre nanociência e nanotecnologia nas escolas. Desde abordagens lúdicas, como a apresentação palestras, vídeos, e o envolvimento do teatro até

a utilização de recursos mais práticos como a construção de maquetes (RIBEIRO, 2017; SOARES, 2019; COSTA, 2019).

O Teatro do Oprimido, foi uma das metodologias aplicadas em uma escola do ensino médio do Maranhão, em que foi proposto aos alunos que fizessem um estudo sobre nanotecnologias, e por meio deste elaborassem apresentações que posteriormente foram exibidas a comunidade, resultando num meio de ampliar o conhecimento sobre nanotecnologia, seus produtos e impactos a sociedade (SOARES, 2019).

Em Imperatriz, Maranhão, estudantes de ensino médio desenvolveram um recurso didático interessante para promover a compreensão e integração dos alunos com deficiência visual através de trabalhos direcionados para o estudo da física e biologia, construindo modelos de moléculas e estruturas atômicos com materiais reciclados (RIBEIRO, 2017).

A Nanotecnologia se faz presente em nossas vidas nas mais diversas áreas, tais como, a computação, medicina, indústria, setor energético, setor agrícola e construção civil. O desenvolvimento de nanomateriais e nanopartículas tornaram os materiais tradicionais mais eficientes, leves, com maior resistência mecânica e com capacidade de suportar altas temperaturas, utilizados na confecção de vários produtos, hoje considerados indispensáveis no nosso dia a dia, a exemplo dos celulares, tablets, cartões de memória, roupas, cosméticos entre outros (ALVES,2010; SEBASTIAN; GIMENEZ2016).

Entendendo a nanociência como área de estudo interdisciplinar, por suas várias aplicações, envolvendo o desenvolvimento deste de peças de automóveis na engenharia, compostos magnéticos, nanomateriais, baterias, nanotubos e simuladores na física associada há conhecimentos de química e biologia, tem destaque no surgimento de novos cosméticos, produtos de beleza e protetores solares (DIAS *et al.*, 2021).

A nanotecnologia também uma prospecção do uso de nanomateriais com propriedades antimicrobianas, sobretudo devido ao atual momento vivido pela sociedade, quanto a pandemia de COVID-19, em virtude da necessidade

do desenvolvimento de novos produtos capazes de combater o vírus e de auxiliarem no reforço dos hábitos de higiene pessoal (DIAS et al., 2021).

Desde 2020, estamos convivendo com uma crise sanitária mundial. Em dezembro de 2019 foi identificado na cidade de Wuhan na China, a primeira infecção causada pelo novo coronavírus nomeado como SARS-CoV-2, agente da doença denominada COVID-19, devido a rápida transmissão do vírus pelo mundo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a pandemia do COVID-19 (DA SILVA JUNIOR, *et al.*, SANTOS, 2021).

Diante deste cenário, houve a necessidade de um distanciamento social, conseqüentemente foi preciso adotar novas estratégias de ensino a fim de substituir as aulas presenciais pelo ensino remoto, o que levou a aceleração da aplicação das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) objetivando promover a continuação do ensino e qualidade da aprendizagem (SANTOS, 2021).

Dessa maneira, foram pensados alguns recursos para que abordem a importância da Nanotecnologia no dia a dia, incluindo discussões sobre os conceitos sobre os vírus e seus tamanhos em nanoescala, formas de imunização, prevenção e cuidados. Por exemplo, o projeto “Ensinano” da Escola de Engenharia Mackenzie, uma plataforma online, que visa promover nos estudantes de ensino médio as habilidades, competências e o senso crítico sobre a área (GOMES, 2021; SANTOS, 2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É provável que o maior desafio no ensino de temas como nanociência e nanotecnologia no Brasil seja de raiz educacional e regulatória, uma vez que a deficiência esteja relacionada a divulgação das relações com diversas áreas do conhecimento científico e das contribuições e impactos dos seus produtos para sociedade tornando-a ciente dos avanços e da relevância da nanociência para sua imersão e desenvolvimento no universo científico e tecnológico.

É notável que a inserção de temas da nanociência e nanotecnologia na educação em vários contextos e áreas do conhecimento, o que demonstra que a

incorporação dessa temática na educação fomenta o desenvolvimento de abordagens interdisciplinares numa diversidade de assuntos.

Observou-se que são utilizados diversos recursos didáticos para promover esta abordagem, através de diferentes ferramentas como palestras, teatro, o uso de jogos e aplicativos, construção de sites etc., o que vislumbra a possibilidade de melhorias em relação ao ensino tradicional.

Considerando que, nem sempre é viável para a escola a utilização de um laboratório equipado com todos os materiais adequados para o desenvolvimento de um experimento que possa representar os fenômenos físicos, tornando o conhecimento mais perceptível para o aluno. O uso de materiais de baixo custo e sucatas pode ser uma alternativa, o que exige bastante da criatividade do professor.

A diversidade estratégias e metodologias para abordar conteúdos de caráter interdisciplinar como nanociência e nanotecnologia, tende a enriquecer a atuação de professores em sala de aula, e também seus conhecimento e experiências profissionais.

O levantamento bibliográfico feito para a construção deste trabalho, demonstra que se faz necessário alfabetizar cientificamente os estudantes, para inseri-los num universo tecnológico, de maneira que sejam capazes de compreender as oportunidades e desafios que estão por vir, e ainda na formação de um aluno, crítico das aplicações e impactos da ciência e da tecnologia

A continuidade do estado da arte desta pesquisa poderá apontar as diversas possibilidades de inserção de temas relacionados a Nanociência e Nanotecnologia para alunos de ensino básico e médio tornando o ensino das ciências mais prazeroso e estimulante.

Estudos complementares a estes serão realizados com a finalidade de construir propostas metodológicas para o ensino das ciências direcionadas a temas sobre Nanociência e Nanotecnologia em escolas de ensino médio do Estado do Maranhão.

Dentre as possibilidades de discutir temas relacionados a nanociência e nanotecnologia em sala de aulas do Maranhão, estão a inserção de práticas já apresentadas em outros estados do Brasil como, os jogos, e a exploração das plataformas digitais.

Como proposta futura pretende-se elaborar um projeto sobre a utilização da cultura pop para discutir nanociência e nanotecnologia, exploração produções cinematográficas, animes, músicas, entre outras manifestações artísticas onde, os alunos possam participa de forma ativa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, O. L.(2010). Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. *Parcerias estratégicas*, v. 9, n. 18, p. 23-40. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/138
- ÂNGELO JÚNIOR, J.D. GUIARO, F.M. COSTA, N.A., CORTELA, B. S. C. Uma proposta didática de ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio usando o método Jigsaw. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos. Anais. São Carlos: 2017. p. 1 - 8. Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0595-1.pdf> . Acesso em: nov. 2021.
- AQUINO, A. A.; SARAIVA, G. D.(2016) Nanociência e nanotecnologia em quadrinhos: Uma abordagem para o ensino médio. In: XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Natal-RN.
- BAYDA, S.; MUHAMMAD, A; TUCCINARDI, T.; CORDANI, M. RIZZOLIO, F. (2020). The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical-Physical Applications to Nanomedicine. *Molecules*, v. 25, n. 112, p. 1-15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25010112>
- BERGER, C. S.; DA SILVA, A. R.; DE MOURA, P. R.G. (2020). #NANOTEAM – O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas: nanociência por meio de uma abordagem colaborativa. *Série Guia Didático de Ciências*. nº 008. 75p. Vila Velha, ES. Disponível: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/597833> Acesso em: 3 out 2021.
- BEZERRA, D. A. (2014). Utilizando Quadrinhos como motivação para a introdução da nanotecnologia na Educação Básica através da construção de uma escala decimal. Monografia do Curso de Graduação em Física da Universidade Estadual da Paraíba. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/5040>

- BNCC - Base Nacional Comum Curricular. Plano Nacional de Educação (PNE). Ministério da Educação. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> . Acesso em: 16 out. 2021.
- CARDOZO, R. S. (2020.) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Do Maranhão–IFMA/Campus Monte Castelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física–MNPEF/SBF–POLO 63.
- COSTA, C. M. R. (2019) Nanociência para o ensino de Física na educação de jovens e adultos numa abordagem CTS. 119 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/tede/2949> Acesso em 09 nov 2021.
- DA ROSA, C. W.; DA ROSA, A. B. (2012). O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação. v. 58, n. 2, p. 1-24. Disponível em: <http://www.avanead.ufma.br/mod/resource/view.php?id=30482> Acesso em: 05 de out de 2020.
- DA SILVA JUNIOR, C. A.; FRANCISCO, C. R. L.; DE JESUS, D.P.; DA CUNHA, R. L. (2020) Ensino de nanociência e nanotecnologias no Brasil: Uma revisão sistemática. International Journal Education and Teaching (PDVL). v.3, n.3 p. 1 – 18. <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v3i3.144>
- DE MENEZES, R. K. C.(2015). Considerações sobre a formação da Política de Ciência e Tecnologia (PCT) brasileira para inovação. Disponível em: <http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2015/pdfs/eixo8/consideracoes-sobre-a-formacao-da-politica-de-ciencia-e-tecnologia--pct--brasileira-para-inovacao.pdf>
- DELGADO, J. M. F. (2013) Preparação e caracterização de nanotransportadores (nanocápsulas, nanoesferas, lipossomas e transportadores lipídicos nanoestruturados) sem substância ativa [Dissertação]. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/9219>.
- DIAS, B. P.; RIBEIRO, E. M. C.; GONÇALVES, R. L.; OLIVEIRA, D. S.; FERREIRA, T. H.; SILVA, B. M.(2021) A nanotecnologia no Brasil e o desenvolvimento de produtos com atividade antimicrobiana. Química Nova [online]. v. 44, n. 08. pp. 1084-1092. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170743>>. Epub 27 Set 2021. ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170743>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- ELLWANGER, A. L. ROSSATO, J. GRANADA, M. (2012). O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem - Novas Tecnologias na Educação - V. 10 Nº 1. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.30884>
- ESCOLAS MÓVEIS DO SENAI-SP LEVAM TECNOLOGIA INOVADORAS ATÉ VOCÊ. Disponível em:

<https://saojoaodoboavista.sp.senai.br/noticia/2801/21881/escolas-moveis-do-senaissp-levam-tecnologia-inovadoras-ate-voce> Acesso em: 23 dez 2021.

FERNANDES, M. F. M., FILGUEIRAS, C. A. (2008). Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro desafios). Química Nova, 31(8), 2205-2213. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000800050>

GOMES, D; TOMA, H.E. Ensinano: Plataforma de ensino da nanotecnologia. Disponível em: <https://www.ensinano.com.br/> Acesso em: 27 dez 2021.

GOMES, F. H. F.; RODRIGUES, D. A. M. Inovação e ensino de física. (2019). anais VI JOIN/Brasil-Portugal, p. 38-43. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/join/2019/TRABALHO_EV124_MD1_SA144_ID245_25062019091311.pdf Acesso em: 11 nov 2021.

GRANADA, M.; ELLWANGER, A.; ROSSATO; J. FAGAN, S. B. (2013). Mapas conceituais como recurso didático no ensino de nanociências. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2013 – São Paulo, SP Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0216-1.pdf> Acesso em 20 jan 2022.

JEEVANANDAM, J., BARHOUM, A., CHAN, Y. S., DUFRESNE, A., DANQUAH, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. Beilstein journal of nanotechnology, 9, 1050–1074. DOI: <https://doi.org/10.3762/bjnano.9.98>.

LEITE, I. S., LOURENÇO, A. B., LICIO, J. G., HERNANDES, A. C (2013). Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000400015>

MAIS UNIFRA. Espaço Virtual de Aprendizagem. Santa Maria, RS: UNIFRA, 2011. Disponível em: <http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/> . Acesso em: 01 dez. 2021.

MELO Jr, M. A., SANTOS, L. S. S., GONÇALVES, M. D. C., NOGUEIRA, A. F. (2012). Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. Química nova, v. 35, p. 1872-1878, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900030>

PANOSSO, M. G.; SOUZA, S. R.; HAYDU, V. B. (2015). Características atribuídas a jogos educativos: uma interpretação Analítico-Comportamental. Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional, v. 19, n. 2, p. 233-241. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3539/2015/0192821>

PLENTZ, F.; FAZZIO, A.(2013). Considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia. Ciência & Cultura, v. 65, n. 3, p. 23-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252013000300010>

- PRADO, J. W. S. (2018). Medições em nano-escala: Uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wp-content/uploads/2018/10/Disserta%C3%A7%C3%A3o-versao-Final-Jose-Willia.pdf>
- REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. M. L.; SILVA, J. F. M (2012). Nanotecnologia, um tema para o ensino médio usando a abordagem CTSA. Química Nova na Escola, 4(1), p. 3-9. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/02-QS-79-10.pdf 20 out 2021.
- RIBEIRO, A. V., GHIRARDELLO, D., AMARANTE, L. C., BRUNO-ALFONSO, A.; SOUZA-FILHO, M. P. D. (2017). The Caza-nano game and the teaching of nano-related concepts: ludic activities at the high school. Momento-revista de Física, p. 79-89. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/165944>
- RIBEIRO, S. (2017). Alunas de escola municipal apresentam projeto inovador sobre inclusão: Método facilita ensino de física e biologia a deficientes visuais. Disponível em: <https://www.imperatriz.ma.gov.br/noticias/educacao/alunas-de-escola-municipal-apresentam-projeto-inovador-em-palestra.html> Acesso em: 14 dez 2021
- SANTOS, D. S. Práticas pedagógicas de extensão sobre nanotecnologia para o ensino e aprendizado de alunos do ensino médio. In: Anais do Seminário Nacional do Ensino Médio Integrado. Brasília, ISSN 2595-8496, 2018.
- SANTOS, D. S.(2021). Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs): uma abordagem no ensino remoto de Química e Nanotecnologia nas escolas em tempos de distanciamento social. Revista Latino-Americana de Estudos Científico – v. 02, n.07. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/ipa/article/view/33855> Acesso em: 20 set 2021.
- SEBASTIAN, V.; GIMENEZ, M.(2016) Teaching Nanoscience and thinking nano at the macroscale: Nanocapsules of wisdom. Procedia-Social and Behavioral Sciences, v. 228, p. 489-495. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.075>
- SILVA, K. F. D.; SANTOS A. G. (2021). A importância das divulgações e aproximações conceituais para o ensino da nanotecnologia: uma revisão narrativa. In. NÓBREGA, D. S.; DOS SANTOS, L. F. (org). Ciências em ação: Perspectivas distintas para o ensino e aprendizagem de ciências [Livro eletrônico]. V. 1. Ed. 1. Editora Científica Digital, Guarujá, SP. 310p. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/books/isbn/978-65-89826-09-5>. Acesso em: 20 out. 2021.

- SIQUEIRA, M. R. P. (2006). Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/DissertMAXWELL.pdf>
- SOARES, A. O.(2019). A Física em escala manométrica e o teatro como instrumento pedagógico. 132 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2893> 13 dez 2021.
- ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. (2009) Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. Anais. Vitória. p. 1-9. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Solange-Fagan/publication/266327856_ABORDAGENS_EM_NANOCIENCIA_E_NANOTECHNOLOGIA_PARA_O_ENSINO_MEDIO/links/59cec022aca2721f434eff5c/ABORDAGENS-EM-NANOCIENCIA-E-NANOTECHNOLOGIA-PARA-O-ENSINO-MEDIO.pdf . Acesso em: 20 out. 2021.