



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE FÍSICA LICENCIATURA

João Batista Vieira Sousa

**Revisão Bibliográfica de Produtos Educacionais para o Ensino de Nanociência
e Nanotecnologia**

Florianópolis

2024

João Batista Vieira Sousa

**Revisão Bibliográfica de Produtos Educacionais para o Ensino de Nanociência
e Nanotecnologia**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Licenciatura em Física do Campus Reitor João David Ferreira Lima da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador(a): Prof. Éverton Fabian Jasinski, Dr.

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Sousa, Joao Batista Vieira
Revisão Bibliográfica de Produtos Educacionais para o
Ensino de Nanociência e Nanotecnologia / Joao Batista
Vieira Sousa ; orientador, Éverton Fabian Jasinski, 2024.
63 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em Física, Florianópolis,
2024.

Inclui referências.

1. Física. 2. Nanociência. 3. Nanotecnologia. 4.
Produtos Educacionais. 5. Educação Básica. I. Jasinski,
Éverton Fabian . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Física. III. Título.

João Batista Vieira Sousa

Revisão Bibliográfica de Produtos Educacionais para o Ensino de Nanociência e Nanotecnologia

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Licenciado em Física e aprovado em sua forma final pelo Curso de Licenciatura em Física.

Florianópolis, 01 de agosto de 2024.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof.(a) Éverton Fabian Jasinski, Dr.

Orientador(a)

Prof.(a) Alexandre Magno Silva Santos, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

David da Silveira, Lic.

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao meu professor e orientador, Dr. Éverton Fabian Jasinski, pela confiança depositada, pelos ensinamentos valiosos e pela orientação dedicada, sempre me auxiliando com paciência e atenção.

Ao professor Dr. Alexandre Magno Silva Santos e ao mestrando David da Silveira, por aceitarem participar da banca do meu TCC.

Aos meus amigos e familiares, que me incentivaram e apoiaram ao longo de toda a graduação.

Aos meus professores e colegas de curso, que me auxiliaram e proporcionaram grandes aprendizados.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho e para a minha formação profissional e pessoal, o meu mais sincero obrigado!

RESUMO

A nanociência e a nanotecnologia emergem como campos interdisciplinares essenciais que exploram e manipulam materiais em escala atômica e molecular. Essas áreas oferecem potencial para inovações significativas em diversos setores, incluindo eletrônica, medicina, energia e meio ambiente. A importância dessas disciplinas está na capacidade de criar materiais e dispositivos com propriedades únicas e sob medida, possibilitando avanços tecnológicos que podem resolver desafios complexos e melhorar a qualidade de vida global. A pesquisa tem como objetivo analisar e discutir como o ensino de nanociência e nanotecnologia está sendo abordado na educação básica. Foca-se na análise de produtos educacionais, que são materiais ou recursos pedagógicos desenvolvidos para apoiar o ensino e a aprendizagem em diversos contextos educacionais, produzidos no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Utiliza-se uma metodologia de análise de conteúdo, onde materiais de dissertações de mestrado que abordam a criação e implementação de produtos educacionais são examinados. A metodologia envolve a busca e seleção criteriosa dos materiais, leitura flutuante, codificação de dados utilizando categorias pré-determinadas e análise dos dados para identificar padrões e tendências relevantes. A pesquisa revela que a inclusão de produtos educacionais bem-estruturados, adaptados ao nível de compreensão dos alunos e baseados em uma pedagogia crítica e reflexiva, pode melhorar significativamente a aprendizagem e o interesse dos alunos por nanociência e nanotecnologia. A aplicação prática de um produto educacional específico em um ambiente educacional real demonstrou sua eficácia e aplicabilidade. Conclui-se que os produtos educacionais desempenham um papel importante para o ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica, facilitando a compreensão de conceitos complexos e apoiando a formação de professores e o engajamento dos alunos.

Palavras-chave: nanociência; nanotecnologia; produtos educacionais.

ABSTRACT

Nanoscience and nanotechnology emerge as essential interdisciplinary fields that explore and manipulate materials at the atomic and molecular scale. These areas offer the potential for significant innovations in various sectors, including electronics, medicine, energy, and the environment. The importance of these disciplines lies in their ability to create materials and devices with unique and tailored properties, enabling technological advances that can solve complex challenges and improve global quality of life. This research aims to analyze and discuss how the teaching of nanoscience and nanotechnology is being addressed in basic education. It focuses on the analysis of educational products, which are materials or pedagogical resources developed to support teaching and learning in various educational contexts, produced in the National Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF). A content analysis methodology is used, where materials from master's dissertations that address the creation and implementation of educational products are examined. The methodology involves the careful search and selection of materials, floating reading, data coding using predetermined categories, and data analysis to identify relevant patterns and trends. The research reveals that the inclusion of well-structured educational products, adapted to the students' level of understanding and based on critical and reflective pedagogy, can significantly improve students' learning and interest in nanoscience and nanotechnology. The practical application of a specific educational product in a real educational environment demonstrated its effectiveness and applicability. It is concluded that educational products play an important role in the teaching of nanoscience and nanotechnology in basic education, facilitating the understanding of complex concepts and supporting teacher training and student engagement.

Keywords: nanoscience; nanotechnology; educational products.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEP	Atividade Experimental Problematizada
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
FMC	Física Moderna e Contemporânea
IFES	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
ITO	Indium Thin Oxide
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
N&N	Nanociência e Nanotecnologia
PPGFCET	Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e
PVA	Álcool Polivinílico
REA	Recurso Educacional Aberto
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
Tecnológica	
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	APRESENTAÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS	12
2.1.1	OBJETIVOS GERAIS	12
2.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	DESENVOLVIMENTO	13
3.1	DEFINIÇÃO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....	13
3.2	HISTÓRIA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA	13
3.3	TERMOS E CONCEITOS	15
3.4	DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS NANOMATERIAIS	16
3.5	ÉTICA E NANOMATERIAIS	17
3.6	NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO	19
4	SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF) E O MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)	21
4.1	SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF)	21
4.2	MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)	21
5	METODOLOGIA	23
5.1	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CONTEÚDO	23
5.2	ANÁLISE DE PRODUTOS EDUCACIONAIS	24
5.3	APLICAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL	24
6	ANÁLISE GERAL DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS SELECIONADOS 26	
6.1	OS PRODUTOS EDUCACIONAIS	26
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
7.1	TEMAS E CONCEITOS DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA ABORDADOS NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS	33
7.2	METODOLOGIAS DE ENSINO UTILIZADAS NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS	36
7.3	AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS PROPOSTA NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS.....	40

7.4	DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS EM SALA DE AULA.....	42
7.4.1	Inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino de física: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociências e nanotecnologia.....	42
7.4.2	#NANOTEAM – O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas: nanociência por meio de uma abordagem colaborativa.....	43
7.4.3	Uma proposta de física moderna e contemporânea no nível médio através da nanotecnologia e nanociência.....	45
7.4.4	Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS.....	46
7.4.5	Produto educacional: atividades para alfabetização científica e tecnológica sobre nanotecnologia em cosméticos	48
7.4.6	Medições em Nano-Escala: uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio.....	50
7.4.7	Uma plataforma para ensinar conceitos de física relacionados com a nanotecnologia no ensino médio	52
7.5	IMPLEMENTAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL.....	53
7.6	EXPERIÊNCIAS E DESAFIOS NA APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	55
8	CONCLUSÃO	57
8.1	CONCLUSÕES GERAIS	57
9	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A nanociência e a nanotecnologia emergem como campos interdisciplinares cruciais, trazendo consigo avanços significativos em diversas áreas do conhecimento. Com propriedades únicas manifestadas na escala nanométrica, essas disciplinas não só desafiam as fronteiras da ciência tradicional, mas também prometem inovações tecnológicas de impacto profundo (Coelho; Veiga 2015). No entanto, a incorporação dessas áreas no currículo da educação básica ainda enfrenta desafios substanciais. A presente revisão bibliográfica busca analisar as abordagens do ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica, através da análise de produtos educacionais, evidenciando a necessidade de integrar esses conhecimentos desde os primeiros anos de formação dos estudantes.

A escolha do tema é justificada pela crescente importância da nanociência e nanotecnologia no cenário global (Malik; Muhammad; Waheed, 2023) e pela necessidade premente de preparar as novas gerações para lidar com essas tecnologias emergentes. O ponto de vista adotado nesta análise é o da educação básica, considerando a formação inicial como fundamental para a construção de uma base sólida de conhecimentos científicos e tecnológicos. A integração dessas disciplinas no ensino básico pode despertar o interesse dos alunos pelas ciências exatas, como também podem os prepara para um futuro em que as competências tecnológicas serão cada vez mais valorizadas.

Este estudo busca avaliar as abordagens dos tópicos de nanociência e nanotecnologia na educação básica, através de produtos educacionais, que são materiais ou recursos pedagógicos desenvolvidos para apoiar o ensino e a aprendizagem em diversos contextos educacionais, produzidos no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

A hipótese de estudo propõe que a inclusão de produtos educacionais bem-estruturados e adaptados para o nível de compreensão dos estudantes do ensino básico contribui para melhorar a aprendizagem e o interesse por nanociência e nanotecnologia. Esses produtos educacionais devem ser desenvolvidos com base em uma pedagogia crítica e reflexiva, que não só transmite conceitos teóricos, mas também incentiva a aplicação prática e a discussão ética dessas tecnologias.

A análise crítica e descritiva das abordagens atuais do ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica revela a urgência de desenvolver e implementar produtos educacionais inovadores. Tais produtos devem ser capazes de integrar de forma holística os conhecimentos científicos, as habilidades práticas e a reflexão ética, preparando os estudantes para um mundo cada vez mais influenciado pelas tecnologias em escala nanométrica. A formação inicial nestas áreas não apenas contribuirá para a alfabetização científica, mas também para a formação de cidadãos capazes de participar de maneira informada e crítica nas discussões sobre as implicações sociais e ambientais da nanotecnologia.

2 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral deste estudo é analisar e discutir como está sendo abordado o ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica, focando na análise de produtos educacionais desenvolvidos no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Incluído neste objetivo geral, encontram-se alguns objetivos específicos, os quais se tornam significativos no corpo da pesquisa:

- a) Analisar a qualidade e a adequação dos materiais didáticos utilizados para ensinar nanociência e nanotecnologia na educação básica;
- b) Identificar os principais enfoques pedagógicos adotados na criação desses produtos educacionais e sua eficácia na transmissão dos conceitos fundamentais de nanociência e nanotecnologia;
- c) Discutir os desafios e obstáculos enfrentados pelos educadores ao introduzir esses tópicos no currículo escolar, incluindo questões relacionadas à formação docente e à disponibilidade de recursos educacionais;
- d) Investigar o impacto desses produtos educacionais no interesse e na compreensão dos estudantes sobre nanociência e nanotecnologia.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 DEFINIÇÃO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A nanociência e a nanotecnologia são campos científicos e tecnológicos que se desenvolvem ou são realizados nessa escala de tamanho, ou que possuem, ao menos, uma de suas dimensões físicas na ordem de nanômetros, de maneira controlada e reproduzível, envolvendo fenômenos que muitas vezes não ocorrem em outras escalas de tamanho. Isso significa que não se trata apenas de miniaturizar algo grande para algo muito pequeno, na escala atômica.

Especificamente, a nanociência é o estudo dos fenômenos e da manipulação dos materiais na escala atômica, molecular e supramolecular, onde as propriedades são diferentes de quando estão em escala convencional. A nanotecnologia refere-se às técnicas voltadas para a aplicação, caracterização e produção de estruturas, equipamentos e sistemas através do controle da forma e do tamanho em escala nanométrica (Chaves, 2002).

A importância da nanociência e nanotecnologia reside na capacidade de criar materiais e dispositivos com propriedades sob medida para atender às necessidades em áreas tão diversas quanto eletrônica, medicina, energia, meio ambiente, entre outras. Por exemplo, a nanotecnologia tem sido fundamental no desenvolvimento de novos materiais para dispositivos eletrônicos mais eficientes e compactos, sistemas de liberação controlada de fármacos para tratamentos médicos mais eficazes e sistemas de armazenamento de energia mais eficientes e sustentáveis (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022).

Dessa forma, a nanociência e a nanotecnologia representam campos de pesquisa e desenvolvimento de extrema importância para a inovação tecnológica e o avanço da sociedade, oferecendo oportunidades significativas para resolver desafios complexos e melhorar a qualidade de vida das pessoas em todo o mundo.

3.2 HISTÓRIA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A história da nanociência e nanotecnologia remonta a várias décadas, mas seu surgimento como disciplinas distintas e reconhecidas ocorreu apenas nas últimas décadas do século XX. No entanto, os precursores desses campos podem

ser encontrados em diversos momentos da história, onde processos e fenômenos relacionados à manipulação de materiais em escalas muito pequenas foram observados e explorados.

Um dos primeiros exemplos históricos que evidenciam a manipulação de materiais em escala nanométrica remonta aos tempos medievais, quando a produção de vitrais coloridos para igrejas europeias envolvia a incorporação de nanopartículas de ouro na composição do vidro, resultando em efeitos ópticos específicos dependendo do tamanho das partículas (figura 1).

Figura 1 - Interior da Igreja Sainte-Chapelle, na França, onde nanopartículas metálicas, com diferentes tamanhos e formatos, são utilizadas para conferir distintas colorações aos vitrais.



Fonte: <http://lounge.obviousmag.org/07/os-vitraismedievais.html>

No entanto, o reconhecimento formal da nanociência e nanotecnologia como campos de estudo e pesquisa ocorreu apenas no século XX. Em 1959, o físico Richard Feynman proferiu uma palestra intitulada "There's Plenty of Room at the Bottom"¹. Feynman chamava a atenção para o fato de que, na dimensão atômica, se está trabalhando com leis diferentes e, assim, devem ser esperados novos efeitos e novas possibilidades. Uma das hipóteses levantadas nessa palestra era a de que seria possível condensar, na cabeça de um alfinete, todos os 24 volumes da Enciclopédia Britânica, vislumbrando as futuras descobertas na fabricação de sistemas em escala atômica e molecular (Schulz, 2018). Embora essa visão tenha sido inicialmente recebida com ceticismo devido à falta de tecnologia para manipular

¹ "Há mais espaço lá embaixo".

a matéria em escala nanométrica, ela estabeleceu as bases conceituais para o desenvolvimento futuro da nanotecnologia.

O termo “nanotecnologia” foi popularizado pelo engenheiro norte americano Eric Drexler, em 1986 por meio do livro “Engines of creation”². Drexler tornou-se o dono do primeiro PhD em nanotecnologia do mundo e é considerado por muitos como o pai da Nanotecnologia. Durante todos estes anos vem estudando as amplas possibilidades que as nanotecnologias podem propiciar para o desenvolvimento dos sistemas das sociedades.

Os avanços significativos na visualização e manipulação de materiais em escala nanométrica foram alcançados, com o desenvolvimento de técnicas como o Microscópio Eletrônico de Varredura e o Microscópio de Força Atômica. A partir desses avanços, a nanotecnologia ganhou impulso e interesse significativos na comunidade científica e industrial. O lançamento de programas de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia por governos e agências de fomento em todo o mundo contribuiu para o crescimento e a consolidação desses campos como áreas de extrema importância para a inovação e o progresso tecnológico.

No Brasil, os esforços para desenvolver a nanotecnologia como uma área estratégica começaram no início do século XXI, mais precisamente em 2001, com o Edital CNPq Nano nº 01/2001, que previa a constituição de quatro redes de pesquisa em nanotecnologia (Rede de Nanobiotecnologia, Rede de Nanodispositivos, Rede Nacional de Materiais Nanoestruturados e Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces) cujo valor orçado foi de R\$ 3.000.000,00, (Martins, 2007). Desde então, o país tem feito avanços significativos no desenvolvimento de nanomateriais e tecnologias, com aplicações em diversas áreas, como eletrônica, medicina, energia e meio ambiente.

3.3 TERMOS E CONCEITOS

Um dos conceitos centrais na nanociência e nanotecnologia é o próprio termo “nano”. Segundo Schulz (2005), o termo “nano” significa um bilionésimo (0,000000001) de alguma coisa. Assim, nanômetro significa um bilionésimo do

² DREXLER, Kim Eric. Engines of Creation. [S. l.]: Fourth Estate, 1996. 296 p.

metro, usualmente representado por 10^{-9} m, ou pela unidade de medida nm. Esta escala de tamanho é essencial para as propriedades únicas exibidas por materiais nesta faixa dimensional.

Outro conceito-chave é o de "nanomaterial", que se refere a materiais que possuem pelo menos uma dimensão na escala nanométrica, seja em comprimento, largura, altura ou espessura. Esses materiais exibem propriedades distintas devido ao seu tamanho reduzido, o que os torna adequados para uma ampla gama de aplicações, desde eletrônicos até medicina.

Além disso, é importante entender a distinção entre nanociência e nanotecnologia. Enquanto a nanociência se concentra no estudo das propriedades e comportamento da matéria em escala nanométrica, a nanotecnologia envolve a manipulação e aplicação desses materiais em dispositivos e sistemas que exploram suas propriedades únicas.

Outros termos relevantes incluem "automontagem", que se refere à capacidade de certos materiais de se organizarem em estruturas complexas por conta própria, e "nanofabricação", que se refere aos métodos e técnicas utilizados para fabricar dispositivos e estruturas em escala nanométrica.

No contexto da ética, surgem questões importantes relacionadas à segurança e ao impacto ambiental da nanotecnologia. A manipulação de materiais em escala nanométrica pode apresentar riscos desconhecidos para a saúde humana e o meio ambiente, o que levanta preocupações éticas sobre o desenvolvimento e o uso responsável dessas tecnologias.

Desse modo, a compreensão desses termos e conceitos é essencial para uma abordagem abrangente e informada da nanociência e nanotecnologia, permitindo que pesquisadores, profissionais e legisladores tomem decisões éticas e responsáveis no desenvolvimento e aplicação dessas tecnologias inovadoras.

3.4 DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS NANOMATERIAIS

Os nanomateriais, caracterizados por suas dimensões na escala nanométrica, possuem propriedades únicas que os distinguem dos materiais em escala macroscópica. Essas propriedades são intrinsecamente ligadas ao tamanho diminuto das partículas e estruturas que compõem esses materiais, e sua

compreensão é fundamental para explorar todo o potencial da nanociência e nanotecnologia.

Em termos de dimensões, os nanomateriais são definidos por apresentarem pelo menos uma dimensão na faixa de 1 a 100 nanômetros. Esta faixa dimensional é particularmente interessante porque está na mesma escala de comprimento das estruturas e processos biológicos fundamentais, como proteínas e DNA, o que permite aplicações significativas na medicina e em outras áreas relacionadas à saúde (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022).

Uma das características distintivas dos nanomateriais é sua alta relação área-volume. Devido ao seu tamanho extremamente pequeno, esses materiais têm uma área de superfície muito maior em comparação com seu volume. Isso confere propriedades como alta reatividade química e maior capacidade de interação com moléculas e sistemas biológicos, tornando-os ideais para aplicações em catálise, sensores e sistemas de liberação de fármacos.

Além disso, os nanomateriais frequentemente exibem propriedades ópticas, elétricas, magnéticas e mecânicas distintas em comparação com seus equivalentes macroscópicos. Por exemplo, nanopartículas de ouro exibem cores vibrantes devido à ressonância de plásmons de superfície (Santos. et al, 2016), enquanto nanotubos de carbono apresentam condutividade elétrica excepcional e resistência mecânica (Spitalsky. et al, 2010).

No entanto, é crucial reconhecer os desafios e preocupações associados aos nanomateriais, incluindo questões de segurança, toxicidade e impacto ambiental. A manipulação e o uso desses materiais exigem uma abordagem cuidadosa e responsável para mitigar quaisquer riscos potenciais à saúde humana e ao meio ambiente.

Logo, entender as dimensões e características dos nanomateriais é essencial para explorar seu vasto potencial em uma variedade de campos, desde eletrônicos e energia até medicina e meio ambiente, ao mesmo tempo em que se aborda de forma proativa as questões éticas e de segurança associadas ao seu uso.

3.5 ÉTICA E NANOMATERIAIS

A interseção entre ética e nanomateriais é um campo crucial de investigação e discussão, à medida que a nanociência e a nanotecnologia continuam a avançar e

a impactar diversos aspectos da sociedade. A aplicação responsável e ética desses materiais requer uma consideração cuidadosa de uma série de questões éticas, que abrangem desde preocupações ambientais e de saúde até questões sociais e de justiça.

Um dos grandes problemas dos nanomateriais é a alta capacidade de serem absorvidos pelos seres vivos, podendo chegar à corrente sanguínea, e em praticamente qualquer órgão do corpo, ao serem absorvidos por contato direto com a pele, inalação ou ingestão. Ao entrarem em contato com órgãos internos do corpo, essas nanoestruturas podem causar diversos problemas à saúde: como disfunções nos órgãos, inflamações, e até mesmo destruição de células e do DNA (Raj et al., 2012).

O meio ambiente também pode sofrer com esta alta absorvidade dos nanomateriais. Caso uma grande quantidade de nanomateriais com propriedades antibactericidas seja liberada na natureza, bactérias benéficas, presentes no ar, solo e água, podem ser mortas, causando um extenso desequilíbrio no ecossistema local (Raj et al., 2012). Segundo Wilson (2018), outro grande problema é a elevada reatividade das nanoestruturas: “alguns nanomateriais podem ser potencialmente explosivos, como é o caso de nanopartículas de dióxido de titânio e nanoestruturas de dióxido de silício”.

Além disso, questões de propriedade intelectual e ética também surgem no contexto da nanotecnologia, especialmente relacionadas à comercialização e patenteamento de novos materiais e tecnologias. É essencial encontrar um equilíbrio entre incentivar a inovação e garantir que os benefícios da nanotecnologia sejam compartilhados de maneira justa e equitativa.

Para abordar essas questões éticas de maneira eficaz, é necessário um diálogo aberto e inclusivo entre cientistas, legisladores, formuladores de políticas, empresas e a sociedade civil. Esse diálogo deve envolver uma ampla gama de partes interessadas e considerar uma variedade de perspectivas éticas, culturais e sociais para garantir que as decisões relacionadas à nanotecnologia sejam informadas e responsáveis.

Em resumo, a ética desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e na aplicação dos nanomateriais, orientando as escolhas e decisões que moldam o impacto desses materiais na sociedade e no meio ambiente. Ao enfrentar os desafios éticos associados à nanotecnologia de maneira proativa e colaborativa,

podemos promover um uso responsável e benéfico desses materiais para o bem-estar humano e o progresso sustentável.

3.6 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO

A integração da nanociência e da nanotecnologia no ensino desempenha um papel fundamental na preparação dos alunos para os desafios e oportunidades do século XXI. Ao introduzir esses conceitos inovadores no currículo educacional, os educadores têm a oportunidade de envolver os alunos em uma exploração interdisciplinar que abrange ciência, tecnologia, engenharia e matemática, bem como questões éticas, sociais e ambientais.

Considerando a inclusão do ensino sobre nanociência e nanotecnologia nas escolas de ensino fundamental e médio no Brasil, seria principalmente incumbência dos professores de física introduzirem esse tema, que faz parte do currículo de Física, embora não exclusivamente. Dessa forma, os professores de física teriam um papel fundamental em estimular uma visão crítica nos alunos, encorajando-os a pensar e analisar os avanços tecnológicos e compreender o papel da ciência e da sociedade nesse contexto:

No ensino da nanotecnologia é fundamental uma abordagem crítica e reflexiva, a fim de contribuir com a formação cidadã dos estudantes. Além disso, o ensino da nanotecnologia não deve se restringir à apresentação das aplicações dessa tecnologia e à preparação dos estudantes para o mundo do trabalho a ela relacionado, mas também deve auxiliá-los na construção de um pensamento crítico a respeito da nanotecnologia em seu cotidiano e contribuir para que possam se posicionar perante esse processo (Jesus; Lorenzetti; HIGA, 2015).

Adicionalmente, ao abordar este segmento da Física Moderna, os educadores estariam introduzindo conceitos físicos que surgiram após o século XX, enriquecendo assim o ambiente de aprendizado. Isso incentivaria os alunos a explorarem e entenderem os fenômenos presentes em seu cotidiano, promovendo uma perspectiva crítica mais refinada e sofisticada.

Por fim, é importante destacar a importância da educação pública sobre nanociência e nanotecnologia para promover a alfabetização científica e tecnológica da sociedade como um todo. Ao aumentar a conscientização e o entendimento

público sobre esses campos, podemos ajudar a garantir que as decisões relacionadas à nanotecnologia sejam informadas e responsáveis.

Em resumo, a integração da nanociência e da nanotecnologia no ensino oferece uma oportunidade emocionante de inspirar e capacitar a próxima geração de cientistas, engenheiros e líderes, preparando-os para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades de um mundo cada vez mais tecnológico e interconectado.

4 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF) E O MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

Este capítulo discute a importância da Sociedade Brasileira de Física (SBF) e do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no avanço do ensino e da pesquisa em Física no Brasil. A SBF, fundada em 1966, é a principal entidade representativa dos físicos no país, promovendo pesquisa, ensino e desenvolvimento profissional. O MNPEF, uma iniciativa da SBF, capacita professores da Educação Básica, aprimorando seu conhecimento em Física e técnicas pedagógicas. Analisaremos o que são os produtos educacionais inovadores do MNPEF e como ambos contribuem para uma educação de Física mais inclusiva e moderna.

4.1 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF)

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) é a principal entidade representativa dos profissionais da área no Brasil, unindo a comunidade de físicos em prol da pesquisa, do ensino e da progressão na carreira. Com mais de 13 mil membros, a SBF foi estabelecida em 1966 durante a 18ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), com seu ato de fundação ocorrido em 14 de julho do mesmo ano. Desempenhando um papel fundamental nas políticas científicas nacionais, a SBF oferece uma variedade de benefícios aos seus associados, sendo reconhecida como uma das mais eminentes sociedades científicas do país.

4.2 MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

O Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) é uma iniciativa da Sociedade Brasileira de Física (SBF) voltada para a capacitação avançada de professores da Educação Básica, especialmente do ensino médio e fundamental. O MNPEF visa não apenas aprofundar o domínio dos conteúdos de Física pelos educadores, mas também promover a adoção de técnicas contemporâneas de ensino. O MNPEF iniciou suas atividades em 2013, tendo sido

resultado de uma colaboração da diretoria à época da SBF com a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES).

No contexto do MNPEF, um produto educacional refere-se a materiais didáticos desenvolvidos pelos participantes do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, que podem incluir desde textos de apoio até recursos multimídia e experimentos práticos. Esses produtos são concebidos com o intuito de melhorar a qualidade do ensino de Física, tornando-o mais acessível, atrativo e alinhado com as demandas da sociedade contemporânea.

Um produto educacional no âmbito do MNPEF deve ser elaborado com rigor científico e pedagógico, baseando-se em sólidos fundamentos teóricos da Física Moderna e Contemporânea. Além disso, deve ser adaptado às características específicas dos alunos da Educação Básica, utilizando uma linguagem clara e acessível, e integrando metodologias inovadoras que favoreçam a aprendizagem significativa.

Esses materiais são validados por especialistas na área, garantindo que atendam aos objetivos educacionais propostos e sejam eficazes no contexto escolar. A criação desses produtos envolve não apenas a aplicação de conhecimentos técnicos e científicos, mas também uma compreensão profunda das necessidades e desafios enfrentados pelos professores e estudantes no ensino de Física.

Assim, o MNPEF não só proporciona uma formação avançada aos educadores, mas também estimula a produção de produtos educacionais que contribuem para a melhoria contínua do ensino de Física no Brasil, promovendo uma educação mais inclusiva, dinâmica e adaptada às exigências do século XXI.

5 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa se baseia na análise de conteúdo, uma abordagem sistemática que busca extrair significados e padrões de um conjunto de materiais textuais, neste caso, produtos educacionais voltados para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia.

5.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CONTEÚDO

A análise de conteúdo é uma abordagem metodológica que demanda planejamento e conhecimentos específicos sobre a obtenção, organização e interpretação do material a ser analisado. Nesse sentido, para a realização desta pesquisa, adotou-se a metodologia de Análise de Conteúdo, seguindo passos sistemáticos baseados nas diretrizes propostas por Bardin (2011).

Segundo Bardin (2011), a análise de conteúdo é um método aplicável a diversos tipos de documentos, com o propósito de explorar e interpretar esses materiais de forma sistemática, a fim de extrair *insights* significativos. A essência deste método reside na organização e sistematização das unidades de conteúdo para identificar temas, conceitos e significados subjacentes.

Para aplicar a análise de conteúdo, é necessário seguir uma série de etapas e recomendações, embora haja divergências entre os autores quanto à nomenclatura desses estágios. Bardin (2011) propõe três fases básicas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

Na fase de pré-análise, ocorre a organização inicial dos materiais a serem analisados, incluindo a definição do corpus de análise e a formulação de hipóteses preliminares. Recomenda-se realizar uma leitura flutuante para um primeiro contato com os textos e elaborar indicadores que guiarão a interpretação do material.

O estágio seguinte, exploração do material, consiste na elaboração de categorias para classificar o material em grupos menores, com base nos objetivos e referenciais teóricos da pesquisa. Essas categorias podem ser estabelecidas previamente ou surgir durante a análise progressiva dos elementos.

Essas etapas da metodologia de análise de conteúdo são fundamentais para garantir uma análise rigorosa e significativa dos materiais educacionais sobre

Nanociência e Nanotecnologia, possibilitando uma compreensão aprofundada de sua aplicabilidade e eficiência.

5.2 ANÁLISE DE PRODUTOS EDUCACIONAIS

Para realizar a análise dos produtos educacionais no âmbito do ensino de Nanociência e Nanotecnologia, foram seguidos os passos da metodologia de análise de conteúdo. Primeiramente, foi feita uma busca criteriosa por materiais de dissertações de mestrado que abordassem a criação e implementação de produtos educacionais nesse campo específico.

Em seguida, os materiais selecionados foram submetidos a uma leitura flutuante, permitindo um primeiro contato para identificar seu potencial de contribuição para a pesquisa.

Após a seleção dos materiais, procedeu-se à codificação dos dados, utilizando categorias pré-determinadas que abrangiam aspectos dos produtos, tais como conceitos e temas, metodologia de ensino, avaliação da aprendizagem e facilidade de implementação em sala de aula. Essa codificação foi realizada de forma sistemática e detalhada, garantindo a consistência e a confiabilidade dos dados obtidos.

Uma vez concluída a codificação, os dados foram analisados de maneira a identificar padrões, tendências e *insights* relevantes sobre a aplicabilidade e eficácia dos produtos educacionais estudados.

5.3 APLICAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL

Além da análise dos produtos educacionais, realizou-se também a aplicação prática de um produto educacional selecionado após a análise detalhada realizada na fase anterior do trabalho. O objetivo primordial é avaliar a aplicabilidade e eficácia do produto educacional escolhido em um contexto real de ensino de Nanociência e Nanotecnologia.

A aplicação do produto educacional conduziu-se em um ambiente educacional adequado, considerando-se as características do público-alvo e as necessidades específicas dos alunos. Foram delineados planos de aula detalhados,

incorporando o produto educacional de forma integral, conforme sugerido pelo professor e elaborador do produto educacional.

Durante o processo de aplicação, realizaram-se análises pessoais pelo professor, o qual assume o papel de pesquisador neste estudo. Essas análises apresentaram-se fundamentais para avaliar a eficácia do produto educacional selecionado. Incluindo-se observações em sala de aula, reflexões sobre a interação dos alunos com o material educacional e uma avaliação crítica do impacto do produto no processo de ensino e aprendizagem.

A análise dos resultados obtidos conduziu-se de acordo com os critérios estabelecidos na metodologia deste estudo. Aplicando-se técnicas de interpretação qualitativa para analisar as percepções e experiências vivenciadas durante a aplicação do produto educacional. Essas análises mostraram-se fundamentais para identificar pontos fortes e áreas de melhoria do produto, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada de sua aplicabilidade no contexto de ensino de Nanociência e Nanotecnologia.

6 ANÁLISE GERAL DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS SELECIONADOS

Este capítulo tem o propósito de fornecer ao leitor um panorama geral acerca dos sete trabalhos que fazem parte do corpus de análise do presente estudo, o que facilitará a compreensão da classificação dos produtos educacionais, a qual está presente no próximo capítulo.

6.1 OS PRODUTOS EDUCACIONAIS

Título: Atividades para Alfabetização Científica e Tecnológica sobre Nanotecnologia em Cosméticos

Universidade: Universidade Tecnológica Federal do Pampa

Programa: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Ano de publicação: 2021

Autora: Letícia Cantiliano Perez

Objetivos: Os objetivos da pesquisa são promover a alfabetização científica e tecnológica de alunos de um Curso Técnico em Estética, focando no uso de nanotecnologia em cosméticos. A proposta visa desenvolver habilidades críticas e conhecimentos sobre os nanocosméticos, suas vantagens, desvantagens e implicações sociais e ambientais. Através de atividades didáticas, os alunos são incentivados a refletir e tomar decisões conscientes sobre o consumo de produtos que utilizam nanotecnologia.

Considerações: A proposta educativa é estruturada em quatro atividades principais que incluem leitura de artigos científicos, construção de maquetes das camadas da pele, debates com profissionais da área e criação de materiais informativos sobre nanocosméticos. Essas atividades são projetadas para serem adaptáveis conforme a necessidade dos professores e visam engajar os alunos em um aprendizado ativo e significativo. Além disso, o projeto está alinhado com as diretrizes curriculares do Ministério da Educação, promovendo uma abordagem interdisciplinar que integra ciência, tecnologia e sociedade.

Link:

<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/7586/2/Produto%20educacional-LET%C3%8DCIACANTILIANO.pdf>.

Título: Inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física: Elaboração de uma Unidade Didática com Foco em Nanociências e Nanotecnologia

Universidade: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Programa: Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET)

Ano de publicação: 2016

Autora: Thalita Rodrigues Ribeiro Alberti

Objetivos: O principal objetivo do trabalho é elaborar uma unidade didática que incorpore tópicos de Física Moderna e Contemporânea, especificamente nanociências e nanotecnologia, no ensino de física. A unidade didática foi concebida para ser usada em aulas regulares ou atividades de contraturno para alunos do Ensino Fundamental II (9º ano), Ensino Médio e cursos de formação de professores de Ciências.

Considerações: A unidade didática desenvolvida inclui um e-book interativo que serve como Recurso Educacional Aberto (REA). Este material foi estruturado para proporcionar uma experiência interdisciplinar e envolvente, utilizando um personagem fictício, Nanotron, para guiar os alunos através dos conteúdos. O e-book é dividido em três intervenções: a primeira aborda conceitos básicos e requisitos para o entendimento das sessões subsequentes; a segunda foca na definição e história das nanociências e nanotecnologias; e a terceira trata da produção e caracterização de nanopartículas, explorando suas aplicações em diversas áreas.

Link:

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2612/1/CT_PPGFCET_M_Alberti%2c%20Thalita%20Rodrigues%20Ribeiro_2016.pdf.

Título: MEDIÇÕES EM NANO-ESCALA: uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio

Universidade: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Programa: Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)

Ano de publicação: 2018

Autor: José Willia Santos Prado

Objetivos: O objetivo principal deste trabalho é introduzir o ensino de nanociência e nanotecnologia no nível de ensino médio. A proposta educacional visa revelar o caráter multidisciplinar da nanociência/nanotecnologia, destacando os avanços tecnológicos alcançados e as possibilidades futuras de aplicações. Além disso, busca-se engajar os estudantes no conhecimento científico através de atividades práticas e leitura de textos de divulgação científica, promovendo uma compreensão ampla e integrada dos temas abordados.

Considerações: A proposta educacional, desenvolvida no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, busca inovar o ensino de física no ensino médio ao incorporar conceitos e práticas da nanociência e nanotecnologia. O trabalho é estruturado em estágios que envolvem atividades práticas, oficinas de telejornalismo científico e produção de vídeos pelos estudantes, promovendo um aprendizado ativo e interdisciplinar. A abordagem visa não apenas transmitir conhecimentos, mas também estimular a curiosidade e o pensamento crítico dos alunos, preparando-os para compreender e participar dos avanços científicos e tecnológicos contemporâneos.

Link:

<http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wpcontent/uploads/2019/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-versao-Final-Jose-Willia.pdf>

Título: Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS**Universidade:** Universidade de Brasília**Programa:** Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)**Ano de publicação:** 2019**Autor:** Edvaldo Vieira Faria Junior

Objetivos: O trabalho tem como objetivo principal explorar as potencialidades da nanociência no ensino médio através da perspectiva da educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Visa integrar os conceitos de nanociência e nanotecnologia no currículo escolar, promovendo uma abordagem crítica e reflexiva sobre os impactos sociais, econômicos, políticos e ambientais dessas tecnologias. A proposta busca desenvolver a cidadania crítica dos alunos, capacitando-os a participar de decisões informadas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico.

Considerações: A proposta pedagógica destaca a importância de uma educação científica que vá além da mera transmissão de conhecimentos. O trabalho enfatiza a necessidade de contextualizar o ensino de ciências dentro das dimensões sociais, promovendo a alfabetização científica, a contextualização social da ciência e o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos.

Link:

http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/35617/1/2019_EdvaldoVieiraFariaJunior.pdf.

Título: #NanoTeam – O Ensino da Nanotecnologia via Metodologias Ativas: Nanociência por Meio de uma Abordagem Colaborativa.

Universidade: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES).

Programa: Mestrado Profissional em Química

Ano de publicação: 2020

Autora: Carol de Souza Berger

Objetivos: O objetivo do trabalho é explorar o ensino da nanotecnologia através de metodologias ativas, utilizando uma abordagem colaborativa. A proposta central é desenvolver um projeto educativo, denominado #NanoTeam, que integra a experimentação prática, teorias sobre nanotecnologia e conteúdos relacionados, como interação intermolecular e proteínas. Esta abordagem visa promover uma aprendizagem mais engajada e contextualizada para os alunos.

Considerações: O trabalho enfatiza a importância da experimentação e da resolução de problemas como métodos eficazes para o ensino de ciências. A metodologia ativa utilizada visa aumentar o interesse e a motivação dos alunos, conectando o conteúdo teórico com aplicações práticas e cotidianas. Além disso, a abordagem colaborativa proposta no projeto #NanoTeam busca fomentar a interdisciplinaridade e o desenvolvimento de habilidades reflexivas, essenciais para uma compreensão aprofundada da nanotecnologia.

Link:

https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/707/Livro_Nanoteam_Ensi_no_Nanotecnologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Título: Uma Plataforma Para Ensinar Conceitos De Física Relacionados Com A Nanotecnologia No Ensino Médio

Universidade: Universidade Federal do ABC

Programa: Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)

Ano de publicação: 2019

Autor: Rodnil da Silva

Objetivos: O principal objetivo deste material é oferecer um manual instrucional para a utilização de uma plataforma educacional destinada ao ensino de conceitos de física aplicados na nanotecnologia. O material utiliza a metodologia de sala de aula invertida e inclui uma atividade experimental com cristais líquidos termotrópicos. A proposta visa não apenas cobrir tópicos relevantes para o ensino médio, mas também expandir o entendimento dos alunos sobre fenômenos complexos, como o funcionamento de displays de cristal líquido, através do estudo do comportamento dos cristais líquidos termotrópicos e a montagem prática de um display de cristal líquido.

Considerações: O documento visa proporcionar uma ferramenta pedagógica inovadora para professores de física que desejam diversificar suas práticas de ensino. A metodologia propõe temas do cotidiano dos alunos, que podem aumentar o interesse deles pela física. Além disso, a plataforma educacional inclui vídeos, artigos e formulários para facilitar o processo de aprendizagem. O uso de uma abordagem experimental prática, como a montagem de displays de cristal líquido, busca não apenas transmitir conhecimento teórico, mas também promover uma compreensão prática e aplicada dos conceitos estudados.

Link:

https://mnpefsites.propg.ufabc.edu.br/documentos/Produtos_2019/Produto_Rodnil.pdf.

Título: Uma Proposta de Física Moderna e Contemporânea no Nível Médio Através da Nanotecnologia e Nanociência

Universidade: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Programa: Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)

Ano de publicação: 2020

Autor: Eduardo Pinheiro Correia

Objetivos: O objetivo geral deste trabalho é apresentar aos alunos do ensino médio os conceitos de Física Moderna e Contemporânea por meio da Nanotecnologia e Nanociência. O autor utiliza textos, filmes de ficção científica e experimentos práticos para tornar o ensino mais acessível e interessante, promovendo uma compreensão mais profunda dessas áreas inovadoras da ciência.

Considerações: O autor propõe uma abordagem educativa inovadora, integrando tecnologia e ciência de maneira dinâmica e interativa. Utilizando filmes como "Homem-Formiga", vídeos sobre nanomateriais e experimentos práticos, o trabalho visa estimular o interesse dos alunos e facilitar a aprendizagem de conceitos complexos de Física Moderna e Nanotecnologia. Esta proposta destaca a importância de métodos didáticos que conectam teoria e prática, demonstrando como a nanotecnologia está presente no cotidiano e suas potenciais aplicações e impactos.

Link:

<https://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoproduto/p30-produto-Eduardo.pdf>.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos para cada produto educacional analisado, bem como uma discussão aprofundada acerca dos desafios e facilidades na implementação em sala de aula. A análise crítica foca na compatibilidade com o currículo escolar, na infraestrutura disponível nas escolas e nos materiais e equipamentos necessários. A adaptação dos conteúdos para diferentes níveis de ensino, a preparação dos professores e a viabilidade econômica também são considerados. Para facilitar a compreensão, os resultados foram agrupados e discutidos de acordo com as categorias de desafios e facilidades identificadas em cada produto educacional.

7.1 TEMAS E CONCEITOS DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA ABORDADOS NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS

A análise detalhada dos temas de Nanociência e Nanotecnologia abordados nos sete produtos educacionais mostra uma abordagem diversificada e abrangente, caracterizada por uma riqueza de conteúdo e uma variedade de perspectivas pedagógicas. Esses produtos, oriundos de diferentes propostas e enfoques, apresentam um panorama amplo e aprofundado sobre a complexidade e o potencial das ciências nanotecnológicas.

Um dos aspectos mais significativos que emergem dessas análises é a recorrência do destaque dado às propriedades e fenômenos na nanoescala. Essa ênfase transversal, presente em todos os produtos educacionais, reflete a importância fundamental de compreender como os materiais se comportam em dimensões tão diminutas. As propostas didáticas expressam a importância de explorar as propriedades e fenômenos físicos dos materiais nanométricos, pois dessa forma os alunos são conduzidos a uma compreensão mais profunda dos fenômenos que regem o mundo nano. Um exemplo disso é um procedimento didático proposto pelo autor Correia (2020) em que é proposta uma atividade para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho:

Procedimento didático: Nesta atividade, o professor irá buscar, através de um teste de sondagem, os conhecimentos prévios dos alunos sobre a alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho [...] (Correia, 2020, p. 19).

Outro tema de destaque é a presença da contextualização histórica da nanociência e nanotecnologia. Esse tema é discutido nos textos de Alberti (2016), Junior (2019), Perez (2021) e Silva (2019). Os produtos enfatizam a importância de traçar uma linha do tempo desde os primórdios das pesquisas nesse campo até os avanços contemporâneos. Essa abordagem histórica não apenas fornece um panorama cronológico do desenvolvimento das tecnologias nano, mas também contextualiza o atual estado da arte, permitindo aos alunos compreenderem as origens e motivações por trás das descobertas e inovações no campo.

O enxerto, retirado de um dos produtos analisados evidencia o que foi falado acima:

Outro exemplo tratado no material é o Copo de Licurgo, que se encontra nas páginas 26 a 28. Este copo é considerado um dos mais antigos registros de objeto que emprega a nanotecnologia (vide Figura 21). Há séculos já existiam objetos que utilizavam nanopartículas, embora a compreensão da composição do material e de suas propriedades ainda não fosse possível. Apresentamos a lenda de Licurgo, as propriedades ópticas envolvidas, e sugerimos ao professor rever os conceitos de reflexão e refração da luz, além de comentar a respeito de como os artesãos inseriram as nanopartículas na composição desse objeto (Alberti 2016, p. 114-115).

Além disso, quatro dos produtos destacam a importância da introdução de escalas e unidades de medida para situar os alunos no universo nano (Alberti, 2016; Correia, 2020; Junior, 2019; Prado, 2018). A compreensão da escala nanométrica é fundamental para que os estudantes possam apreciar a dimensão e peculiaridade dos materiais manipulados na nanotecnologia, contribuindo para uma melhor visualização e entendimento dos conceitos apresentados.

A utilização de instrumentos de medição na nanoescala é outro tema comum nos produtos analisados. Esse tema é apresentado nos produtos de Alberti (2016), Junior (2019), Prado (2018) e Silva (2019). Eles destacam a importância de técnicas e tecnologias precisas para a manipulação e estudo dos nanomateriais. Os produtos propõem que a introdução a instrumentos como microscópios eletrônicos e de força

atômica ajuda os alunos a entenderem como essas ferramentas são essenciais para a visualização e manipulação na escala nanométrica:

Após a conclusão da atividade do dominó, inicie a apresentação de slides que vai dar sequência a apresentação do estágio 1. Imediatamente no primeiro slide há uma questão a ser levantada: “é ou não possível ao olho, sem uso de instrumentos, ter acesso a toda vastidão da escala de comprimento?”. Ao trabalhar com este e com os próximos slides se promove um retorno ao assunto da atividade escrita sobre os instrumentos de observação mais adequados para cada região da escala cósmica, contudo nos primeiros slides trabalham a questão da vastidão da escala cósmica, e nos seguintes trabalham os instrumentos de medida com recortes de um vídeo que apresenta a dimensão nano e, por fim, vem a seção de fragmentos de vídeos extraídos do YouTube que mostram o princípio de funcionamento de microscópios que são capazes de obter imagens onde necessitaria de comprimento de onda menor do que a da luz (Prado, 2018, p. 64).

Todos os produtos incluíram exemplos de nanomateriais para contextualizar as aplicações práticas da nanotecnologia. Esses exemplos variam desde aplicações médicas e eletrônicas até ambientais, mostrando a amplitude e diversidade de áreas que a nanotecnologia abrange.

A discussão sobre o contexto das pesquisas, financiamentos e políticas públicas relacionadas à nanociência e nanotecnologia é enfatizada em seis dos sete produtos (Alberti, 2016; Berger, 2020; Correia 2020; Junior, 2019; Perez, 2021; Prado, 2018). Essa abordagem crítica tem como objetivo permitir que os alunos reflitam sobre os impactos sociais, econômicos e éticos da nanotecnologia, preparando-os para um engajamento mais informado e responsável com a ciência e a tecnologia.

Por fim, quatro dos produtos abordaram conceitos de átomos e moléculas. Esses conceitos são apresentados nos produtos de Alberti (2016), Berger (2020), Correia (2020) e Silva (2019). Os produtos expressam que a fundamentação teórica desses conceitos é essencial para que os alunos compreendam as bases da nanociência, relacionando a organização atômica às propriedades emergentes dos nanomateriais:

Ao entrar na escala nanométrica, é importante ter em mente que grande parte dos efeitos está relacionada com os aspectos quânticos. A Mecânica Quântica é uma parte da física estruturada, justamente, para explicar e entender os fenômenos que ocorrem em escalas muito pequenas, para os quais as leis de Newton, por exemplo, não fornecem respostas adequadas. Dentre outras coisas, a Mecânica Quântica nos permite entender como “funcionam” as partículas subatômicas, os átomos e as moléculas, bem como a emissão e a absorção da luz, elementos fundamentais para o desenvolvimento de muitas tecnologias como, por exemplo, a eletrônica e a fotônica, assim como a nanotecnologia. Deste modo, é importante rever os modelos atômicos, desde os mais antigos e antiquados até os modelos atuais (Alberti, 2016, p. 105).

Em suma, os produtos educacionais analisados apresentam uma tendência clara em integrar a nanociência e a nanotecnologia no currículo escolar, não apenas como tópicos isolados, mas como componentes interdisciplinares que relacionam física, química, engenharia e até mesmo ciências sociais e políticas. Essa abordagem diversificada, que valoriza tanto a teoria quanto a prática, mostra-se fundamental para preparar os estudantes para um futuro em que essas tecnologias desempenham um papel cada vez mais significativo.

7.2 METODOLOGIAS DE ENSINO UTILIZADAS NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS

A investigação das metodologias de ensino aplicadas nos produtos educacionais selecionados evidencia uma variedade de abordagens pedagógicas voltadas para a introdução e aprofundamento dos temas de nanociência e nanotecnologia no ensino médio. Estas abordagens diferenciadas visam promover uma aprendizagem significativa, contextualizada e engajada, adaptada às necessidades do público-alvo.

Os produtos de Correia (2020) e Prado (2018) apresentaram a Abordagem da Aprendizagem Significativa. Essa metodologia busca enfatizar a importância do conhecimento prévio dos alunos, promovendo a interação entre eles para compartilhar saberes adquiridos. Além disso, sugere a utilização de diversos recursos, como filmes, atividades práticas e uma sequência didática estruturada, para promover a compreensão de conceitos de física moderna e contemporânea

relacionados à nanotecnologia. O texto da apresentação do produto educacional feito pelo autor Prado (2018) evidencia os aspectos mencionados acima:

Muito embora a organização e a estrutura desta sequência se encontrar já formatada, o leitor interessado em reproduzi-la tem a liberdade de alterá-la e/ou reordená-la dentro de suas especificidades, desde que mantenha os principais princípios da teoria a qual esta sequência de ensino e aprendizagem se baseia, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica apresentado por Moreira que reforça a importância de estabelecer um organizador prévio, uma interação social, troca de significados, descentralização do livro didático, diversidade de estratégias, etc (Prado, 2018, p. 55).

É importante destacar que, embora os outros produtos não apresentem explicitamente a metodologia que enfatiza a importância dos conhecimentos prévios dos alunos, os produtos de Berger (2020), Junior (2019), Perez (2021) e Silva (2019) também incorporam estratégias para abordar essa questão. Em suas sequências didáticas, esses produtos recomendam que, antes de introduzir os conceitos de nanociência e nanotecnologia, o professor realize uma atividade para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos. Essa avaliação pode ser feita através da aplicação de um questionário, administrado tanto em formato físico quanto virtual, dependendo da modalidade de ensino em que o produto está sendo aplicado.

Outras metodologias presentes nos produtos que possuem características similares são a Pedagogia de Projetos e a Atividade Experimental Problematizada. Essas abordagens incentivam a aprendizagem ativa e colaborativa por meio de projetos colaborativos, atividades experimentais problematizadas e trabalho em grupos, proporcionando uma vivência prática e contextualizada dos conceitos de nanociência. A Pedagogia de Projetos, empregada nos produtos educacionais de Berger (2020) e Silva (2019), promove o pensamento reflexivo, pois o aluno inicia sua investigação a partir de um problema específico e busca soluções de maneira contextualizada, assegurando a compreensão dos conceitos a serem aprendidos:

[...] a realização de projetos favorece o pensamento reflexivo. O estudante inicia sua investigação a partir de um determinado problema e se engaja na busca por soluções, de maneira contextualizada e conectada ao que se

deve aprender, para que não seja perdido o objetivo primário de se apropriar de certos conceitos (Berger, 2020, p. 12).

A Atividade Experimental Problematizada (AEP), presente nos produtos Berger (2020), Correia (2020), Prado (2018) e Silva (2019), é uma metodologia de ensino que promove uma aprendizagem ativa e significativa através da experimentação prática para resolver problemas teóricos. A AEP é importante porque desperta o interesse e a motivação dos alunos, envolvendo-os diretamente nos temas abordados, o que aumenta a capacidade de aprendizado.

As metodologias de ensino implementadas nos produtos Berger (2020), Perez (2021) e Silva (2019) destacam-se por suas atividades interdisciplinares, que visam envolver os alunos de forma participativa e contextualizada. Essas metodologias promovem a alfabetização científica e tecnológica, utilizando a nanotecnologia como eixo central.

A autora Berger (2020) emprega em seu produto educacional duas metodologias, a Pedagogia de Projetos e a Atividade Experimental Problematizada (AEP). Essas metodologias incentivam o aprendizado colaborativo e a resolução de problemas reais, permitindo aos alunos explorarem e aplicar conhecimentos de química, biologia e tecnologia em projetos significativos. A abordagem interdisciplinar é essencial para a compreensão ampla e integrada dos conceitos de nanociência.

O produto educacional de Perez (2021) é focado em atividades para alfabetização científica e tecnológica sobre nanotecnologia em cosméticos, este produto utiliza metodologias interativas que englobam rodas de conversa, construção de materiais de estudo, leitura de artigos científicos, exibição de vídeos e debates. As atividades são desenhadas para serem flexíveis e adaptáveis a diferentes realidades educacionais, promovendo a compreensão dos princípios da nanociência através de uma abordagem interdisciplinar que inclui química, biologia e tecnologia.

Enquanto o produto educacional de Silva (2019) utiliza uma plataforma para ensinar conceitos de física relacionados com a nanotecnologia. A metodologia envolve a aplicação de atividades que conectam a física com outras áreas do conhecimento, como a química e a biologia. Ao integrar conceitos de diversas

disciplinas, os alunos podem compreender melhor os princípios fundamentais da nanociência e suas aplicações práticas.

Essas metodologias não tradicionais destacam-se por sua capacidade de envolver os alunos de maneira ativa e contextualizada. Ao integrar conceitos de várias disciplinas, os produtos educacionais promovem uma compreensão mais profunda e significativa da nanociência e nanotecnologia. A abordagem interdisciplinar facilita a alfabetização científica e tecnológica dos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo com um conhecimento amplo e aplicado (Silva; Silva, 2020).

O produto educacional de Alberti (2016) tem o objetivo principal de servir como um material de apoio para professores. Diferente de outros produtos analisados, este não apresenta uma sequência didática específica para o sequenciamento das aulas, nem propõe uma metodologia de ensino definida que possa ser diretamente aplicada pelos educadores. O material é estruturado em um formato de e-book, dividido em três momentos distintos: introdução aos conceitos básicos, aprofundamento em nanociência e nanotecnologia, e discussão em sala de aula. A intenção é fornecer um recurso flexível que os professores possam adaptar conforme as necessidades e características de suas turmas.

Neste manual, faremos uma breve descrição do e-booke-book produzido e alinharemos sugestões de como utilizá-lo. Vale ressaltar que o professor não deve se ater somente ao material para desenvolver uma aula sobre N&N, porque a aula deverá ser adaptada conforme as características dos estudantes e da escola, bem como as intenções e motivações didático-pedagógicas do professor. Ainda assim, o manual busca contribuir para a organização da(s) aula(s) e ser uma fonte de inspiração na abordagem do tema N&N (Alberti, 2016, p. 94).

Em suma, o produto educacional não fornece uma sequência didática rígida ou uma metodologia de ensino específica, mas sim um conjunto de recursos e sugestões que podem ser adaptados pelos professores para melhor atender às necessidades de seus alunos, promovendo um entendimento mais profundo da física moderna e contemporânea através da nanociência e nanotecnologia.

Em resumo, as metodologias empregadas nos produtos educacionais demonstram potencial em promover o entendimento dos alunos sobre nanociências

e nanotecnologia, ao oferecerem uma combinação de abordagens teóricas e práticas, contextualizadas e interativas. A variedade de recursos e estratégias pedagógicas utilizadas contribui para engajar os alunos, facilitar a compreensão dos conceitos e promover uma aprendizagem significativa e crítica.

7.3 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS PROPOSTA NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS

O exame dos métodos de avaliação da aprendizagem propostos nos produtos educacionais revela uma variedade de abordagens adotadas para medir o progresso dos alunos no entendimento dos conceitos de nanociência e nanotecnologia.

Os questionários e atividades escritas são métodos amplamente utilizados nos produtos de Berger (2020), Correia (2020), Junior (2019), Perez (2021), Prado (2018) e Silva (2019). Esses métodos são incluídos devido à sua capacidade de captar o conhecimento prévio dos alunos, avaliar a compreensão de conceitos teóricos e monitorar o progresso ao longo do curso. A aplicação de questionários permite identificar lacunas no conhecimento dos alunos e ajustar o ensino de acordo com suas necessidades. Atividades escritas, por sua vez, promovem a reflexão e a organização do pensamento, ajudando os alunos a consolidarem o aprendizado.

Outros métodos de avaliação são os Debates e discussões presentes nos produtos de Alberti (2016), Correia (2020), Junior (2019), Perez (2021), Prado (2018) e Silva (2019). Esses métodos incentivam os alunos a participarem ativamente, desenvolver habilidades de argumentação e aplicar os conceitos em contextos reais. A inclusão de debates e discussões visa fomentar um ambiente de aprendizagem colaborativa e crítica, onde os alunos podem compartilhar suas perspectivas, questionar ideias e construir conhecimento de forma coletiva. Essa abordagem também ajuda a desenvolver habilidades sociais e comunicativas essenciais para o aprendizado. Estas características podem ser observadas conforme o trecho retirado da “Tarefa 3: Debate e Relatório final” proposta pela autora Perez (2021).

Oportunizar um momento de debate de ideias para que os alunos possam expor o que aprenderam sobre o emprego da nanotecnologia em

cosméticos, e também um momento de síntese com a sua tomada de decisão sobre a utilização dos mesmos (Perez 2021, p. 43).

Os produtos de Berger (2020), Correia (2020), Perez (2021), Prado (2018) e Silva (2019) incluem atividades práticas e experimentação prática como formas de avaliar a aprendizagem dos alunos. Essas atividades são projetadas para permitir que os alunos apliquem conceitos teóricos em situações reais e práticas, facilitando uma compreensão mais profunda e significativa dos conteúdos. A experimentação prática ajuda os alunos a desenvolverem habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e aplicação prática do conhecimento científico. Além disso, essas atividades tornam o aprendizado mais envolvente e dinâmico, motivando os alunos a participarem ativamente do processo educacional (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003). Os autores utilizaram estratégias como a produção de relatórios e a aplicação de questionários para avaliar os conhecimentos dos alunos após as atividades de experimentação. Na atividade "MOMENTO 4 – Experimentando com materiais do cotidiano", a autora Berger (2020) propôs a aplicação de um questionário para essa avaliação:

Mais uma oportunidade para aplicar um novo questionário, para saber quais foram as percepções dos alunos após a experimentação. Pode-se observar que o APÊNDICE VII tem algumas perguntas, que podem ser reformuladas, dependentemente dos objetivos do projeto. (Berger, 2020, p. 32).

A produção de conteúdo em vídeo é um método de avaliação utilizado nos produtos de Alberti (2016), Berger (2020) e Prado (2018). Este método permite que os alunos demonstrem sua compreensão dos conceitos de maneira criativa e tecnológica. Segundo Prado (2018) a produção de vídeos incentiva os alunos a sintetizarem o conhecimento adquirido, desenvolver habilidades de comunicação e utilizar ferramentas tecnológicas para expressar suas ideias. Esse método também promove a autonomia e a responsabilidade dos alunos em seu próprio processo de aprendizagem, além de criar um registro permanente do conhecimento que pode ser revisitado e compartilhado. Na atividade do "Estágio 5", o autor Prado (2018) sugere que seja realizada uma avaliação na forma de produção de vídeo pelos alunos, proporcionando a oportunidade de exposição de seus conhecimentos:

Neste estágio você terá a oportunidade de proporcionar um momento de resultados e discussões incluindo a avaliação na forma de produção de conteúdo em vídeo protagonizado pelos próprios estudantes com a exposição de seus conhecimentos com liberdade de produção (Prado, 2018, p. 84).

Os métodos de avaliação utilizados nos produtos educacionais refletem uma variedade de abordagens que são consistentes com as boas práticas em avaliação educacional. Eles incluem tanto métodos tradicionais, como questionários e testes, quanto métodos mais inovadores, como produção de conteúdo em vídeo e atividades práticas. Além disso, muitos produtos incorporam métodos que incentivam a participação ativa dos alunos, a reflexão crítica e a aplicação prática dos conceitos aprendidos, o que está alinhado com as abordagens contemporâneas de avaliação educacional.

7.4 DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS EM SALA DE AULA

7.4.1 Inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino de física: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociências e nanotecnologia

O produto educacional de Alberti (2016) apresenta uma série de desafios e facilidades que merecem uma análise crítica para avaliar a sua implementação em sala de aula. Um dos principais desafios encontrados é a adaptação da estrutura escolar e a formação adequada dos professores. A introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) exige que os professores possuam não apenas conhecimento técnico, mas também estejam confortáveis com a utilização de novas tecnologias e metodologias de ensino.

Outro obstáculo significativo é a aquisição e manutenção de equipamentos tecnológicos. A implementação bem-sucedida de Nanociência e Nanotecnologia nas escolas requer computadores, acesso à internet, e *softwares* específicos que suportem a aprendizagem desses tópicos. Embora o uso de Recursos Educacionais Abertos (REA) e *software* livre possa reduzir os custos, a necessidade de adquirir e

manter *hardware* adequado representa um investimento contínuo que pode se tornar insustentável em diversas escolas.

A complexidade dos tópicos abordados em Nanociência e Nanotecnologia é outro fator que não pode ser ignorado. Tais temas são intrinsecamente desafiadores e podem gerar insegurança tanto para os alunos quanto para os professores. Esta complexidade pode ser uma barreira significativa para a introdução desses conteúdos em níveis educacionais mais básicos. No entanto, a implementação desses tópicos é essencial para alinhar o currículo escolar com as necessidades contemporâneas e o desenvolvimento científico e tecnológico.

Um desafio adicional está na preparação e execução do material didático. A criação de recursos específicos e a preparação das aulas demandam tempo e esforço consideráveis dos professores. Sem uma sequência didática rígida ou uma metodologia de ensino específica fornecida pelo produto, os professores podem sentir-se sobrecarregados ao tentar adaptar o conteúdo ao seu próprio estilo de ensino e às necessidades de seus alunos. Essa falta de estrutura clara pode resultar em uma implementação inconsistente e desigual do produto educacional.

A compatibilidade dos tópicos de Nanociência e Nanotecnologia com o currículo escolar é um ponto positivo que, apesar de exigir adaptações, contribui para uma educação mais rica e atualizada. No entanto, é importante considerar que muitas escolas podem não ter a infraestrutura necessária para suportar a implementação eficaz de tecnologias digitais e outros equipamentos necessários. A falta de recursos adequados pode limitar a eficácia do produto educacional, exigindo investimentos adicionais em infraestrutura.

7.4.2 #NANOTEAM – O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas: nanociência por meio de uma abordagem colaborativa

A análise do produto educacional de Berger (2020) evidenciou que o produto apresenta-se como uma proposta inovadora e relevante para o contexto educacional contemporâneo, contudo, a proposta apresenta alguns desafios. Um dos desafios mais evidentes é o tempo necessário para a preparação e execução das aulas práticas, pois os professores precisam dedicar um tempo considerável ao planejamento das atividades experimentais, além de gerenciar o tempo de aula para garantir que todos os experimentos e discussões subsequentes sejam realizados de

maneira eficaz. Por exemplo, o projeto detalhado no documento requer três aulas para completar uma sequência de experimentação e discussão, o que pode ser um desafio em currículos já bastante apertados.

Por outro lado, a facilidade de aquisição dos materiais necessários para as atividades experimentais é um ponto positivo significativo. A utilização de materiais de baixo custo e de fácil acesso, como ovos e utensílios de cozinha, torna a implementação mais viável, mesmo em escolas com recursos limitados. Isso demonstra que, com criatividade e planejamento, é possível contornar algumas das limitações materiais e ainda oferecer uma experiência educacional rica e significativa.

A compatibilidade do projeto com o currículo escolar é outro aspecto crucial a ser considerado. A proposta está alinhada com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), promovendo uma educação integral e interdisciplinar que abrange áreas como química e biologia. Essa integração facilita a inserção do projeto no currículo escolar, permitindo que os alunos desenvolvam uma compreensão mais holística e contextualizada dos conteúdos. Além disso, a abordagem da nanotecnologia, um tema contemporâneo e de grande relevância, contribui para engajar os alunos e tornar a aprendizagem mais significativa e conectada com o mundo real.

A infraestrutura disponível nas escolas também é um fator determinante na implementação do projeto. A adaptabilidade do projeto a diferentes contextos tecnológicos é um ponto forte. Inicialmente desenvolvido para ser realizado de forma remota, utilizando ferramentas como Google Meet e WhatsApp, o projeto demonstra flexibilidade para ser executado tanto em ambientes com infraestrutura tecnológica avançada quanto em escolas com recursos mais limitados. Isso amplia significativamente o alcance e a aplicabilidade do projeto, tornando-o uma opção viável para diversas realidades educacionais.

Outro aspecto positivo é a adequação do projeto para diferentes séries escolares. A flexibilidade para ajustar os conceitos de nanotecnologia ao nível de ensino específico permite que o projeto seja aplicado desde o ensino fundamental até o ensino médio. Essa versatilidade é uma vantagem importante, pois permite que mais alunos tenham acesso a uma educação inovadora e de qualidade, independentemente da série em que se encontram.

Em conclusão, a implementação do produto educacional sobre nanotecnologia utilizando metodologias ativas apresenta uma combinação de

desafios e facilidades que precisam ser cuidadosamente considerados pelos educadores e especialistas em educação. A necessidade de equipamentos específicos e o tempo necessário para a preparação e execução das atividades são os principais obstáculos. No entanto, a facilidade de aquisição dos materiais, a compatibilidade com a BNCC, o uso de metodologias ativas e colaborativas, e a adaptabilidade a diferentes contextos tecnológicos e séries escolares são pontos fortes que favorecem a adoção desse produto no ambiente escolar. Com uma abordagem bem planejada e criativa, é possível superar os desafios e aproveitar os benefícios desse inovador projeto educacional, proporcionando uma experiência de aprendizagem rica e contextualizada para os alunos.

7.4.3 Uma proposta de física moderna e contemporânea no nível médio através da nanotecnologia e nanociência

Outro produto que apresentou-se como uma proposta inovadora e relevante para o contexto educacional contemporâneo é o produto educacional de Correia (2020). Contudo, ao considerar sua adoção no ambiente escolar, é essencial realizar uma análise crítica e descritiva, focando nos desafios e facilidades, bem como na compatibilidade com o currículo escolar e na infraestrutura disponível nas instituições de ensino.

O custo dos materiais necessários para a execução das atividades propostas não se apresentou como um dificultador na implementação do produto. Os materiais listados, como bacias, água, óleo de cozinha, talco e blocos de plástico (como Lego), são de fácil aquisição e apresentam um baixo custo. Isso minimiza significativamente a barreira financeira, tornando a implementação mais acessível a diversas escolas, independentemente de seus recursos financeiros.

A necessidade de equipamentos específicos é uma preocupação comum em projetos educacionais inovadores. No entanto, a proposta destaca-se por requerer apenas equipamentos simples e acessíveis, que estão geralmente disponíveis nas escolas. Por exemplo, atividades que envolvem a simulação de auto-arranjo e a medição de filmes finos de óleo podem ser realizadas com materiais comuns e facilmente encontráveis, eliminando a necessidade de investimentos em equipamentos especializados caros ou difíceis de obter.

O tempo necessário para a preparação e execução das atividades é um aspecto crítico na implementação de novos conteúdos no currículo escolar. As atividades descritas no projeto, como a simulação de auto-arranjo, são projetadas para serem realizadas durante um período de aula normal, geralmente em dois tempos de 50 minutos. Essa característica torna a proposta prática e viável dentro do cronograma escolar existente, permitindo que os professores integrem essas atividades sem a necessidade de ajustes significativos na programação das aulas.

No que diz respeito à compatibilidade com o currículo escolar, a inclusão de tópicos de nanotecnologia e nanociência é altamente benéfica. Esses temas não apenas complementam o conteúdo tradicional de física, mas também oferecem uma visão atualizada e prática da ciência, preparando os alunos para entenderem e se engajarem com tecnologias emergentes. A abordagem prática, centrada em experimentos simples e acessíveis, facilita a compreensão dos conceitos teóricos, tornando o aprendizado mais envolvente e significativo para os estudantes.

Além disso, a infraestrutura necessária para a implementação do produto educacional é mínima, o que facilita sua adoção em diversas escolas. A maioria das instituições possui a infraestrutura básica exigida, como salas de aula e acesso à internet para visualização de vídeos complementares. A utilização de materiais comuns e a possibilidade de execução das atividades em ambientes já existentes, como laboratórios básicos ou mesmo salas de aula comuns, tornam a proposta viável na maioria dos contextos educacionais.

Em conclusão, a implementação do produto educacional é prática e viável, considerando os baixos custos envolvidos, a simplicidade dos materiais e a compatibilidade com o currículo escolar e a infraestrutura disponível. Os principais desafios, como a aquisição de materiais e o tempo de preparação, são minimizados pela escolha de recursos acessíveis e atividades que se encaixam bem no cronograma escolar típico. Essa proposta não apenas enriquece o currículo de física com temas contemporâneos, mas também promove um aprendizado mais dinâmico e relevante, preparando os alunos para os desafios e oportunidades do futuro científico e tecnológico.

7.4.4 Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS

A proposta do produto educacional de Junior (2019) apresenta uma série de desafios e facilidades que devem ser cuidadosamente analisados por educadores e especialistas em educação. A proposta, ancorada na educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), busca fomentar uma compreensão crítica e socialmente engajada da ciência, o que pode ser extremamente benéfico para o desenvolvimento integral dos alunos. No entanto, essa iniciativa também enfrenta obstáculos consideráveis que precisam ser superados para garantir sua eficácia e viabilidade.

Os desafios começam na fase de preparação e socialização do conhecimento. A necessidade de planejar e coordenar diversas etapas de integração com a comunidade escolar demanda um esforço significativo de organização. A complexidade inerente ao tema da nanociência e nanotecnologia impõe uma barreira adicional, pois tanto alunos quanto professores podem não ter uma formação específica na área, o que dificulta a discussão crítica e consciente.

Por outro lado, a proposta oferece facilidades que podem contribuir para seu sucesso. A estrutura bem delineada do produto, dividida em partes claras, facilita a compreensão e a aplicação prática dos conteúdos. Além disso, o incentivo à participação ativa de alunos e professores tende a aumentar o engajamento e o interesse pelo tema, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo. A relevância social da abordagem CTS, que conecta o desenvolvimento científico a questões sociais, é outro aspecto positivo, pois torna o ensino mais pertinente e contextualizado para os alunos.

O tempo necessário para a preparação e execução das atividades é um fator crucial. A proposta inclui múltiplos encontros planejados para discussão, preparação e socialização, o que demanda um tempo considerável de preparação por parte dos professores e dos alunos. Embora essa distribuição ao longo do tempo ajude a gerenciar a carga de trabalho, também pode se tornar um ponto de pressão, especialmente em ambientes escolares com calendários já sobrecarregados.

A compatibilidade do produto educacional com o currículo escolar é um aspecto positivo, pois a educação CTS promove a integração dos conteúdos de ciência com aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais, facilitando sua inclusão no currículo existente.

Em conclusão, a implementação do produto educacional apresenta uma proposta robusta e bem estruturada que pode enriquecer significativamente o ensino de ciências. No entanto, para que sua implementação seja bem-sucedida, é

essencial considerar cuidadosamente os desafios associados. A compatibilidade com o currículo escolar é um ponto forte, mas a viabilidade prática dependerá fortemente da infraestrutura e dos recursos disponíveis em cada escola. A análise crítica desses fatores é fundamental para garantir que a proposta não apenas se realize, mas também alcance seus objetivos educacionais de maneira eficaz e sustentável.

7.4.5 Produto educacional: atividades para alfabetização científica e tecnológica sobre nanotecnologia em cosméticos

O produto educacional de Perez (2021) apresenta uma série de desafios e facilidades que precisam ser cuidadosamente analisados ao realizar a sua aplicação. A análise crítica e descritiva desses aspectos é fundamental para entender a viabilidade e a eficácia do produto no ambiente escolar.

Os desafios na implementação desse produto educacional são significativos e multifacetados. Primeiramente, o custo dos materiais necessários para a execução das atividades propostas pode ser uma barreira considerável. A construção de maquetes e outros modelos pedagógicos requer uma diversidade de materiais que podem ser difíceis de adquirir ou caros. Exemplos desses materiais incluem massa de modelar em cores específicas e itens representativos de estruturas celulares, cuja obtenção pode sobrecarregar o orçamento das escolas, especialmente aquelas com recursos financeiros limitados. Além disso, a necessidade de impressão de materiais informativos e visuais pode aumentar ainda mais os custos, colocando uma pressão adicional sobre as instituições de ensino.

Outro desafio é a necessidade de equipamentos específicos. Muitas das atividades sugeridas no produto requerem o uso de projetores, computadores e outros dispositivos tecnológicos para a exibição de vídeos e realização de pesquisas. A disponibilidade destes equipamentos varia amplamente entre as escolas, o que pode dificultar a implementação uniforme das atividades. Escolas em áreas menos favorecidas ou com infraestrutura tecnológica limitada enfrentam desafios maiores, necessitando de adaptações ou alternativas para suprir essas necessidades.

O tempo necessário para a preparação e execução das atividades também representa um obstáculo. As atividades propostas exigem uma preparação

detalhada por parte dos professores, incluindo a organização dos materiais, a preparação de guias e questionários, e a familiarização com os conteúdos específicos de nanotecnologia. Além disso, a execução das atividades demanda um tempo significativo dentro do cronograma escolar, o que pode ser um desafio frente às múltiplas demandas curriculares e às restrições de tempo em sala de aula.

Por outro lado, existem facilidades que tornam a implementação do produto mais viável e atraente. Uma das principais vantagens é a presença de guias detalhados e roteiros estruturados para cada atividade. Esses recursos facilitam o planejamento e a execução por parte dos professores, fornecendo um passo a passo claro e objetivo que pode ser seguido com maior segurança. A estruturação das atividades e a clareza das instruções contribuem para que os educadores se sintam mais preparados e confiantes na aplicação das propostas.

Além disso, as atividades são desenhadas para serem altamente interativas, o que promove um maior engajamento dos alunos. A construção de maquetes, a realização de debates e a participação em rodas de conversa proporcionam uma abordagem prática e dinâmica do conteúdo, facilitando a compreensão e a retenção do conhecimento. Essa interatividade é essencial para a aprendizagem ativa e para o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas nos estudantes.

A compatibilidade das atividades com o currículo escolar é outro ponto positivo. As propostas estão alinhadas com documentos normativos e diretrizes curriculares, garantindo que o conteúdo abordado seja relevante e adequado ao contexto educacional. A inclusão de temas contemporâneos como a nanotecnologia em cosméticos complementa disciplinas de ciências, química e biologia, promovendo uma abordagem interdisciplinar que enriquece o currículo escolar.

No entanto, a implementação prática dessas atividades depende significativamente da infraestrutura disponível nas escolas. Instituições com melhores recursos tecnológicos e materiais poderão implementar as atividades com maior facilidade e eficácia. Em contraste, escolas com infraestrutura limitada precisarão buscar alternativas criativas e possivelmente suporte externo para a aquisição dos materiais e equipamentos necessários.

Em conclusão, a proposta educacional sobre nanoestruturas em cosméticos apresenta tanto desafios quanto facilidades. Os principais desafios incluem os custos dos materiais, a necessidade de equipamentos específicos e o tempo necessário para a preparação e execução das atividades. No entanto, as facilidades

proporcionadas pelos guias detalhados, a interatividade das atividades e a compatibilidade com o currículo escolar destacam-se como pontos positivos significativos. Com um planejamento adequado e suporte adicional para a aquisição de recursos, a proposta tem o potencial de ser uma adição valiosa ao ambiente educacional, promovendo a alfabetização científica e tecnológica de maneira envolvente e eficaz.

7.4.6 Medições em Nano-Escala: uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio

Outra proposta que se mostrou inovadora e potencialmente transformadora para o currículo escolar é a proposta do produto educacional de Prado (2018). A introdução de conceitos de nanociência e nanotecnologia pode enriquecer a formação dos alunos, aproximando-os de áreas de ponta do conhecimento científico. Contudo, a concretização dessa proposta no ambiente escolar envolve uma análise cuidadosa dos desafios e das facilidades que podem ser encontrados.

Um dos principais desafios reside na necessidade de equipamentos específicos. Para a realização das atividades previstas no produto educacional, especialmente nas etapas finais, há a exigência de câmeras para gravação de vídeos. Essa necessidade pode se tornar um obstáculo significativo em escolas que não dispõem desses recursos, implicando na busca por alternativas, como parcerias com instituições locais ou o uso de dispositivos móveis dos próprios alunos. Além disso, o acesso à internet é crucial para a utilização de alguns recursos que são armazenados na nuvem, o que pode ser limitante em áreas onde a conectividade é precária.

O tempo necessário para a preparação e execução das atividades também merece atenção. A sequência didática proposta está organizada em cinco estágios, totalizando cerca de 12 horas-aula. Esse período pode ser um desafio para ser acomodado dentro de um calendário escolar já bastante preenchido. Adicionalmente, a preparação das atividades requer um investimento de tempo significativo por parte dos professores, que precisam organizar materiais, como vídeos e imagens, além de planejar debates e outras dinâmicas de grupo.

Por outro lado, existem diversas facilidades que favorecem a implementação deste produto. A maioria dos materiais necessários é de baixo custo e facilmente

acessível, como papéis, canetas e recursos digitais disponíveis gratuitamente. Essa característica torna o projeto economicamente viável para a maioria das escolas, que não precisariam realizar grandes investimentos financeiros para sua aplicação.

A flexibilidade na aplicação do produto é outro ponto positivo. A proposta pode ser adaptada para diferentes séries do Ensino Médio e até para as séries finais do Ensino Fundamental. Essa adaptabilidade permite que o projeto seja ajustado às necessidades específicas de cada escola, sem a necessidade de reformas curriculares drásticas. Além disso, a proposta é desenhada para se integrar aos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, sem afastar-se dos conteúdos tradicionais. Dessa forma, a inclusão de tópicos de nanotecnologia e nanociência pode ser feita de maneira harmoniosa, complementando e enriquecendo o currículo existente.

A compatibilidade do produto com o currículo escolar é evidente, dado que a nanociência e a nanotecnologia são áreas emergentes e de grande relevância no cenário científico atual. A introdução desses temas no ensino médio não só atualiza o currículo de Física, tornando-o mais atraente para os alunos, mas também os prepara para os desafios e oportunidades das futuras carreiras científicas e tecnológicas.

A infraestrutura das escolas, de maneira geral, é suficiente para a implementação do produto. A maioria das instituições de ensino possui os recursos básicos necessários, como computadores e projetores, que são adequados para a realização das atividades propostas. As oficinas de debate e gravação de vídeos, por exemplo, podem ser realizadas em salas de aula convencionais, desde que organizadas para minimizar ruídos e distrações.

Em conclusão, a implementação do produto educacional é não apenas viável, mas também desejável, oferecendo uma abordagem inovadora e enriquecedora para o ensino de Física. Apesar dos desafios relacionados à necessidade de equipamentos específicos e ao tempo de preparação, as facilidades superam essas dificuldades, tornando a proposta prática e aplicável na maioria das escolas brasileiras. A compatibilidade com o currículo escolar e a infraestrutura existente reforça ainda mais a viabilidade do projeto, que tem o potencial de transformar a educação científica no Ensino Médio, preparando os alunos para um futuro repleto de inovações tecnológicas.

7.4.7 Uma plataforma para ensinar conceitos de física relacionados com a nanotecnologia no ensino médio

O produto educacional de Silva (2019) apresenta tanto desafios quanto oportunidades para o ambiente escolar. Um dos principais obstáculos para a adoção deste produto é o custo dos materiais necessários para as atividades experimentais. Em particular, o uso de Cristal Líquido Termotrópico impõe uma barreira significativa. Este material, essencial para a construção de displays de cristal líquido, é difícil de adquirir e extremamente caro. O site sugerido pelo autor do produto indica que o preço de 1 grama do cristal líquido é de R\$ 1.054,00, sem incluir impostos e frete, que são adicionais devido ao fato de se tratar de um produto internacional. Esse alto custo torna a aplicação do produto quase inviável em muitas escolas da rede básica, que frequentemente operam com orçamentos restritos e não podem arcar com despesas tão elevadas. Este fator, portanto, limita a acessibilidade e a possibilidade de disseminação dessa atividade experimental em larga escala.

Além do custo elevado dos materiais, a implementação do produto educacional enfrenta desafios relacionados à necessidade de equipamentos específicos. A construção de um display de cristal líquido, por exemplo, requer lâminas de vidro com recobrimento de ITO (Indium Thin Oxide), Álcool Polivinílico (PVA), e outros materiais que podem não estar prontamente disponíveis na maioria das escolas. Ademais, algumas etapas da experimentação demandam equipamentos sofisticados, que geralmente são encontrados apenas em universidades, o que exige preparação antecipada por parte do professor e pode limitar a aplicação em escolas com infraestrutura menos avançada. Vale ressaltar que o autor reconhece essas dificuldades que podem ser enfrentadas ao adaptar essa proposta e sugere que o professor consiga acesso a equipamentos que somente existem em uma universidade:

Após o término de todas as atividades teóricas, existe uma atividade experimental que pode ser aplicada com os alunos, mas para isso é necessário que o professor consiga acesso a equipamentos que somente existem em uma universidade, por isso é preciso que o professor se prepare com antecedência (Silva, 2019, p. 164).

Outro aspecto crucial é o tempo necessário para a preparação e execução das atividades descritas. A construção manual de displays de cristal líquido não só exige um tempo considerável para reunir todos os materiais e equipamentos, mas também para a montagem em si e a explicação dos conceitos envolvidos. Esse processo pode ser complexo e demorado, requerendo um bom planejamento e preparação por parte do professor para garantir que a atividade seja executada de maneira eficiente dentro do tempo disponível nas aulas.

Apesar desses desafios, a compatibilidade dos produtos com o currículo escolar oferece uma perspectiva enriquecedora. A abordagem inovadora de ensinar conceitos de física presentes na nanotecnologia pode trazer uma perspectiva moderna e aplicada dos conteúdos, alinhando-se com as tendências contemporâneas de educação científica. No entanto, a integração desses conteúdos com as diretrizes curriculares existentes pode demandar um esforço adicional na preparação das aulas, exigindo que o professor adapte as atividades para se alinhar com os objetivos educacionais predefinidos.

Finalmente, a infraestrutura disponível nas escolas é um fator determinante para a viabilidade da implementação do produto educacional. Muitas escolas, especialmente as da rede pública, podem não ter acesso a laboratórios de ciência bem equipados ou aos materiais necessários para conduzir as atividades propostas. Embora alternativas para substituir equipamentos sofisticados sejam sugeridas, ainda pode haver limitações significativas na infraestrutura que afetarão a viabilidade da implementação.

Em conclusão, enquanto a introdução de um produto educacional que ensina conceitos de física na nanotecnologia pode oferecer benefícios educacionais significativos, os desafios práticos relacionados ao custo elevado dos materiais, à necessidade de equipamentos específicos, ao tempo de preparação e execução, e às limitações da infraestrutura escolar são obstáculos substanciais. Devido ao alto custo do Cristal Líquido Termotrópico, a aplicação do produto se torna quase inviável em muitas escolas da rede básica, restringindo seu potencial de disseminação e acessibilidade. Esses fatores precisam ser cuidadosamente considerados ao avaliar a implementação desse produto educacional.

7.5 IMPLEMENTAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL

Após a análise inicial dos produtos educacionais disponíveis, avaliou-se a possibilidade de aplicação prática de um produto educacional específico com o objetivo de obter uma compreensão mais aprofundada sobre sua aplicabilidade e eficácia em um contexto real de ensino de Nanociências e Nanotecnologia. Aproveitando-se da minha atuação como professor de turmas do ensino médio em uma escola da rede estadual, foi possível conduzir este estudo em um ambiente educacional autêntico.

A escolha do produto educacional baseou-se em critérios específicos estabelecidos na metodologia do estudo. Após uma análise detalhada dos diferentes produtos educacionais disponíveis na literatura, selecionou-se o produto "Medições em Nano-Escala: uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio" (Prado, 2018) como objeto de estudo para esta etapa. Garantiu-se, com a seleção criteriosa, que o produto escolhido estivesse alinhado com os objetivos pedagógicos e as necessidades do público-alvo.

A aplicação do produto educacional foi realizada em um ambiente escolar que considerou as características dos alunos e suas necessidades específicas. Elaboraram-se planos de aula detalhados que incorporaram o produto educacional de forma integral, conforme as sugestões e diretrizes fornecidas pelo professor e elaborador do material. A execução dessas aulas permitiu uma imersão completa dos alunos nos conceitos de Nanociências e Nanotecnologia, utilizando-se uma abordagem pedagógica inovadora e interativa.

Durante o processo de aplicação, analisou-se pessoalmente a eficácia do produto educacional selecionado. As observações em sala de aula e as reflexões sobre a interação dos alunos com o material educacional foram essenciais para uma avaliação crítica do impacto do produto no processo de ensino e aprendizagem. Essas análises permitiram identificar a receptividade dos alunos aos conteúdos, bem como as dificuldades encontradas e os aspectos que poderiam ser aprimorados.

Os resultados obtidos foram analisados de acordo com os critérios estabelecidos na metodologia do estudo, utilizando-se técnicas de interpretação qualitativa. A análise das percepções e experiências vivenciadas durante a aplicação do produto educacional mostrou-se crucial para identificar tanto os pontos fortes quanto as áreas que necessitam de melhorias. As percepções dos alunos e suas respostas às atividades propostas forneceram *insights* valiosos sobre a eficácia do

produto em promover um entendimento profundo dos conceitos de Nanociências e Nanotecnologia.

7.6 EXPERIÊNCIAS E DESAFIOS NA APLICAÇÃO DO PRODUTO

A experiência de aplicar o produto educacional focado em Nanociências e Nanotecnologia na escola foi uma jornada enriquecedora e desafiadora. Como professor de física do novo ensino médio, teve-se a oportunidade de implementar uma sequência didática inovadora, composta por cinco estágios, que visava introduzir os alunos do primeiro ano do ensino médio a conceitos fundamentais desse campo emergente. O produto educacional mostrou-se bem estruturado e abrangente, proporcionando uma integração eficaz entre teoria e prática, essencial para a compreensão de tópicos tão complexos.

Desde o início, a qualidade dos materiais disponibilizados foi evidente. Os slides e vídeos ofereciam explicações claras e detalhadas, facilitando-se a transmissão do conteúdo. O simulador de escalas do universo foi particularmente notável, permitindo-se uma exploração interativa que cativou os alunos e incentivou uma participação ativa. Essa ferramenta, ao ilustrar as diferentes escalas de tamanho, desde o macroscópico até o nanométrico, proporcionou uma nova perspectiva sobre o tema, tornando as aulas mais dinâmicas e envolventes.

No entanto, a aplicação do produto não esteve isenta de dificuldades. A aquisição de alguns materiais necessários para as atividades experimentais, como discos de vinil e CDs, apresentou-se um desafio significativo. Esses itens, além de caros, foram difíceis de encontrar, o que exigiu um esforço considerável para obtê-los a um preço razoável. Essa dificuldade, embora superada, destacou-se a necessidade de adaptação e flexibilidade na implementação de recursos didáticos.

Por outro lado, muitas facilidades também foram encontradas durante a aplicação do produto. O laboratório de física da escola estava bem equipado com instrumentos essenciais, como réguas, paquímetros e multímetros, o que facilitou a realização das atividades experimentais. A reação dos alunos ao manuseio desses instrumentos foi positiva, demonstrando-se interesse e engajamento, embora alguns necessitassem de orientação adicional para garantir medições precisas.

Analisando-se criticamente os pontos fortes e fracos do produto educacional, é possível afirmar que ele aborda muito bem o conteúdo de Nanociências e

Nanotecnologia. Os materiais fornecidos eram completos e didáticos, dispensando-se a necessidade de fontes adicionais para a compreensão dos temas. As atividades experimentais e as oficinas de debate foram eficazes em promover a aprendizagem ativa e colaborativa, desenvolvendo-se não apenas o conhecimento teórico, mas também habilidades práticas e críticas nos alunos.

No entanto, alguns pontos fracos foram identificados. A presença de vídeos legendados em inglês, por exemplo, exigiu pausas frequentes para tradução, o que poderia ser melhorado com a disponibilização de materiais em português. Além disso, a complexidade interdisciplinar do tema, envolvendo Física, Química, Biologia e Engenharias, apresentou-se um desafio inicial para os alunos, que precisaram se adaptar à integração de conhecimentos de diferentes áreas.

Em conclusão, a aplicação do produto educacional na escola foi uma experiência positiva e formativa. A qualidade e a abrangência dos materiais, aliadas a uma metodologia inovadora, permitiram um aprendizado profundo e significativo sobre Nanociências e Nanotecnologia. Apesar das dificuldades enfrentadas, como a aquisição de materiais específicos e a necessidade de tradução de alguns conteúdos, os pontos fortes do produto superaram-se os desafios. A experiência demonstrou que, com recursos bem elaborados e uma abordagem didática adequada, é possível ensinar tópicos complexos de maneira eficaz e engajadora.

8 CONCLUSÃO

Neste capítulo, o leitor encontrará as principais conclusões derivadas da revisão bibliográfica sobre as abordagens de sete produtos educacionais de ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica. Além de oferecer uma visão geral sobre o estado atual do ensino desses temas, as conclusões destacam as principais contribuições.

8.1 CONCLUSÕES GERAIS

A análise das abordagens do ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica, apresentada nesta revisão bibliográfica, revela um panorama rico e diversificado, ao mesmo tempo em que destaca os desafios e as oportunidades significativas associados à aplicação dos produtos educacionais. Primeiramente, a inclusão de conceitos de nanociência e nanotecnologia no currículo escolar é essencial para preparar os alunos para o futuro, promovendo uma educação que está em sintonia com os avanços científicos e tecnológicos contemporâneos. A natureza interdisciplinar desses campos oferece uma plataforma única para integrar conhecimentos de física, química, biologia e engenharia, facilitando uma compreensão holística e aplicada das ciências.

Os produtos educacionais analisados demonstram que há uma variedade de metodologias eficazes para ensinar esses conceitos, desde abordagens teóricas até atividades práticas e experimentais. No entanto, a eficácia desses produtos depende fortemente da formação e preparação dos professores. A falta de recursos e treinamento adequado pode limitar a capacidade dos educadores de implementar essas metodologias de forma eficaz. Portanto, é fundamental investir em programas de formação continuada para professores, proporcionando-lhes as ferramentas e conhecimentos necessários para ensinar nanociência e nanotecnologia de maneira envolvente e significativa.

Além disso, a revisão destaca a importância de uma abordagem crítica e reflexiva no ensino dessas disciplinas. Não se trata apenas de transmitir conhecimento técnico, mas também de incentivar os alunos a refletirem sobre as implicações éticas, sociais e ambientais das tecnologias emergentes. Este aspecto é crucial para a formação de cidadãos conscientes e responsáveis, capazes de avaliar

e responder aos desafios e oportunidades apresentados pela nanociência e nanotecnologia.

A implementação prática de produtos educacionais, como descrito na análise, enfrenta desafios significativos, incluindo a adequação dos materiais didáticos ao contexto escolar, a motivação dos alunos e a avaliação da aprendizagem. A facilidade de implementação varia amplamente dependendo do contexto escolar específico, destacando a necessidade de adaptações flexíveis e contextualmente relevantes dos materiais didáticos.

Os resultados e discussões apresentados indicam que, embora haja um progresso considerável na incorporação da nanociência e nanotecnologia na educação básica, ainda há um longo caminho a percorrer. É necessário um esforço colaborativo entre governos, instituições educacionais, especialistas em educação e a sociedade para desenvolver políticas educacionais e currículos que integrem de forma efetiva esses campos no ensino básico.

Em conclusão, os produtos educacionais desempenham um papel importante no ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica. Eles não apenas facilitam a compreensão de conceitos complexos através de metodologias diversificadas e adaptáveis, mas também atuam como ferramentas essenciais para a formação de professores e o engajamento dos alunos. A criação e a implementação de materiais didáticos de qualidade, aliadas a um contínuo desenvolvimento profissional dos educadores, são fundamentais para superar os desafios identificados e garantir que os alunos estejam bem preparados para um futuro cada vez mais influenciado pelas inovações científicas e tecnológicas. Dessa forma, investir em produtos educacionais não é apenas uma estratégia pedagógica, mas um compromisso com a formação de uma geração capaz de pensar criticamente e atuar responsavelmente em um mundo em constante transformação.

9 REFERÊNCIAS

ALBERTI, Thalita Rodrigues Ribeiro. **Inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino de física**: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociências e nanotecnologia. In: ALBERTI, Thalita Rodrigues Ribeiro. **Inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino de física**: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociências e nanotecnologia. Orientador: Arandi Ginane Bezerra Junior. 2016. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional Em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Parana, Curitiba, 2016. f. 91-129. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2612/1/CT_PPGFCET_M_Alberti%2c%20Thalita%20Rodrigues%20Ribeiro_2016.pdf. Acesso em: 17 out. 2022

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo, 2011.

BERGER, Carol de Souza. **#NANOTEAM – O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas**: nanociência por meio de uma abordagem colaborativa. Orientador: André Romero da Silva. 2020. 75 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo, Vila Velha, 2020. Disponível em: https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/707/Livro_Nanoteam_Ensi%20no_Nanotecnologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 11 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CHAVES, Alaor. **Nanociência e Nanotecnologia**, SBPC/Labjor, Brasil, 2002. Disponível em: <https://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano17.htm>. Acessado em: 06 abr. 2024.

COELHO, Moises Israel Belchior de Andrade; VEIGA, Renata Syallen de Sousa. **Inovações em biotecnologia e nanotecnologia no Brasil a partir da PINTEC 2011**. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. Anais... Fortaleza: 2015. p. 1 – 17. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_213_261_27102.pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

CORREIA, Eduardo Pinheiro. **Uma proposta de física moderna e contemporânea no nível médio através da nanotecnologia e nanociência**. Orientador: Maria Lúcia Grillo Perez Baptista. 2020. 46 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoproduto/p30-produto-Eduardo.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2022.

FEYNMAN, Richard P.. **There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics**, First published in Engineering and Science magazine, vol. XXIII, no. 5, February 1960. California Institute of Technology, 1960.

JESUS, Izabela Paulini de; LORENZETTI, Leonir; HIGA, Ivanilda. **A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindoia. Anais... . Águas de Lindoia: 2015. p. 1 - 8. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xenpec/anais2015/busca.htm?query=nano>. Acesso em: 30 mar. 2022.

JUNIOR, Edvaldo Vieira Faria. **Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS**. In: JUNIOR, Edvaldo Vieira Faria. **Nanociência no Ensino Médio: Potencialidades da Educação CTS**. Orientadora: Roseline Beatriz Strieder. 2022. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. f. 96-113. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/35617/1/2019_EdvaldoVieiraFariaJunior.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

LINDSAY. S. M. **Introduction to Nanoscience**. New York, US: Published in the by Oxford University Press. 2010.

MALIK, Shiza; MUHAMMAD, Khalid; WAHEED, Yasir. Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry. **Molecules**, Pakistan, p. 1 - 26, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9865684/pdf/molecules-28-00661.pdf>. Acesso em: 25 maio 2024.

MARTINS, Paulo Roberto. **Revolução Invisível, Desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil**. São Paulo, Xamã Editora, 2007.

MNPEF. Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física. In: **Sociedade Brasileira de Física**. [S. l.], 2022. Disponível em: <<https://www1.fisica.org.br/mnpef/>>. Acesso em: 24, abr. 2024.

OLIVEIRA, Rafael Furlan de; MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; FAZZIO, Adalberto. **A nanotecnologia na saúde**. Ciência & Cultura, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 26-34, out./dez. 2022. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v74n4/v74n4a06.pdf>. Acesso em: 24 de mai. 2024.

PEREZ, Letícia Cantiliano. **Produto educacional: atividades para alfabetização científica e tecnológica sobre nanotecnologia em cosméticos**. Orientador: Paulo Henrique Guadagnini. 2021. 46 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/7586/2/Produto%20educacional-LET%C3%8DCIACANTILIANO.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2022.

PRADO, José Willia Santos. **Medições em Nano-Escala: uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio**. In: PRADO, José Willia Santos. **Medições em Nano-Escala: Uma proposta de introdução ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio**. Orientador: Luizdarcy Matos Castro. 2018. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2018. f. 49-85. Disponível em:

<http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wp-content/uploads/2019/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-versao-Final-Jose-Willia.pdf>. Acesso em: 9 set. 2022.

RAJ, Silpa et al. **Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges**. Journal Of Pharmacy And Bioallied Sciences, [s.l.], v. 4, n. 3, p.186-194, 2012. Medknow. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3425166/>>. Acesso em: 10 maio 2013.

SANTOS, Jacqueline Ferreira Leite; et al. **Ressonância de plasmon de superfície localizado e aplicação em biossensores e células solares**. Química Nova, Porto Alegre, v. 39, n. 9, p. 1098-1111, set. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/tFgyN5FZzwNTSLFhcFY4vWC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de mai. 2024.

SBF (Brasil). **Sociedade Brasileira de Física**. 2022. Disponível em: <https://www.sbfisica.org.br/v1/sbf/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SCHULZ, P. A. Há mais história lá embaixo – um convite para rever uma palestra. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, vol. 40, n. 4, p. e4210, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Rf769Jnw7JBYkwGwzbSgNTx/?format=pdf>. Acesso em: 25 mai. 2024.

SCHULZ, P. A. B. **Nanociência de baixo custo em casa e na escola**. Física na Escola, v.8, n.1, p. 4-9, 2007.

SCHULZ, Peter A.B.. **O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia**. Física na Escola, São Paulo, v. 6, n. 1, p.58-62, jan. 2005. Disponível em: <<https://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf>>. Acesso em: 02 de mar. 2024

SÉRÉ, M.-G; COELHO, S; M. NUNES, A.D. **O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA FÍSICA+**, 1. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6560/6046/19993>>. Acesso em: 1 mai. 2024.

SILVA, C. M. F.; SILVA, A. P. F. **Avaliação das contribuições do uso de metodologias não tradicionais, como forma de potencialização da aprendizagem de conteúdos de Ciências, na década de 2010**. 2020. Disponível em: <https://mail.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2020/TRABALHO_EV140_MD1_SA16_ID5516_25082020200207.pdf>. Acesso em: 1 mai. 2024.

SILVA, Rodnil. **Uma plataforma para ensinar conceitos de física relacionados com a nanotecnologia no ensino médio**. In: SILVA, Rodnil. **Uma proposta de ensino de conceitos de física relacionados à nanotecnologia por meio de um sistema de gestão de aprendizagem e uma atividade experimental utilizando cristais líquidos termotrópicos**. Orientador: Jean Jacques Bonvent. 2019. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade

Federal do ABC, Santo Andre, 2019. f. 124-182. Disponível em: https://mnpef-sites.propg.ufabc.edu.br/documentos/Produtos_2019/Produto_Rodnil.pdf. Acesso em: 1 out. 2022.

SPITALSKY, Zdenko. et al. **Carbon nanotube–polymer composites**: Chemistry, processing, mechanical and electrical properties. *Progress in Polymer Science*, v. 35, n. 3, p. 357-401, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670009000859>. Acesso em: 24 de mai. 2024.

WILSON, Niki. Nanoparticles: **Environmental Problems or Problem Solvers**. *Bioscience*, v. 68, n. 4, p.241-246, 1 mar. 2018. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <<https://academic.oup.com/bioscience/article/68/4/241/4915956>>. Acesso em: 12 maio 2023.

WOLF, E. **Nanophysics and Nanotechnology** : An introduction to Modern Concepts in Nanoscience. 1. ed. Germany: Weinheim, 2004. 11. v. 1.