

Um levantamento de Experimentos para integrar Ciência dos Materiais ao ensino de Física

A survey of Experiments to integrate Materials Science into Physics teaching

Un estudio de Experimentos para integrar la Ciencia de los Materiales en la enseñanza de la Física

Gilson Yuri Silva Moura (yuri.moura@discente.ufcat.edu.br)

Universidade Federal de Catalão, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-5383-9243>

Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos (petrus@ufcat.edu.br)

Universidade Federal de Catalão, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-2434-5279>

Resumo

Este artigo explora experimentos relacionados à Ciência dos Materiais e suas aplicações no ensino de Física. O objetivo é fornecer aos professores meios de ilustrar conceitos fundamentais, como propriedades elétricas e magnéticas, estrutura cristalina, deformação plástica e fratura, e propriedades ópticas, entre outros, oferecendo opções para integrar a Ciência dos Materiais no currículo. A inclusão desses experimentos no ensino de Física pode melhorar a compreensão dos conceitos abstratos pelos alunos e promover o desenvolvimento de habilidades práticas usando metodologias ativas, como a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) ou Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), por exemplo. A metodologia utilizada foi a revisão integrativa, realizada por meio de busca em repositórios, como Google Scholar. Foram selecionados 10 experimentos que variaram de atividades simples de laboratório a projetos mais complexos, envolvendo a construção de dispositivos eletrônicos ou instrumentos de medição. Concluímos que a utilização desses experimentos pode ser um recurso didático valioso para aprimorar o ensino de Física, incentivando uma abordagem mais prática, contextualizada e interdisciplinar.

Palavras-chave: Ciência dos Materiais; Ensino de Física; Experimento; Laboratório de Física; Revisão.

Abstract

This article explores experiments related to Materials Science and their applications in Physics education. The aim is to provide teachers with means to illustrate fundamental

concepts, such as electrical and magnetic properties, crystal structure, plastic deformation and fracture, and optical properties, among others, offering options to integrate Materials Science into the curriculum. The inclusion of these experiments in Physics education can enhance students' understanding of abstract concepts and promote the development of practical skills using active methodologies, such as Inquiry-Based Learning (IBL) or Project-Based Learning (PBL). The methodology used was integrative review, conducted through searches in repositories, such as Google Scholar. Ten experiments were selected, ranging from simple laboratory activities to more complex projects, involving the construction of electronic devices or measurement instruments. We conclude that the use of these experiments can be a valuable didactic resource to enhance Physics education, encouraging a more practical, contextualized, and interdisciplinary approach.

Keywords: Materials Science; Physics Education; Experiment; Physics Laboratory; Review.

Resumen

Este artículo explora experimentos relacionados con la Ciencia de Materiales y sus aplicaciones en la enseñanza de la Física. El objetivo es proporcionar a los profesores medios para ilustrar conceptos fundamentales, como propiedades eléctricas y magnéticas, estructura cristalina, deformación plástica y fractura, y propiedades ópticas, entre otros, ofreciendo opciones para integrar la Ciencia de Materiales en el currículo. La inclusión de estos experimentos en la enseñanza de la Física puede mejorar la comprensión de los conceptos abstractos por parte de los alumnos y promover el desarrollo de habilidades prácticas utilizando metodologías activas, como la Secuencia de Enseñanza por Investigación (SEI) o el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). La metodología utilizada fue la revisión integrativa, realizada a través de búsquedas en repositorios, como Google Scholar. Se seleccionaron diez experimentos, que iban desde actividades simples de laboratorio hasta proyectos más complejos, que involucraban la construcción de dispositivos electrónicos o instrumentos de medición. Concluimos que el uso de estos experimentos puede ser un recurso didáctico valioso para mejorar la enseñanza de la Física, fomentando un enfoque más práctico, contextualizado e interdisciplinario.

Palabras-clave: Ciencia de Materiales; Enseñanza de Física; Experimento; Laboratorio de Física; Revisión.

INTRODUÇÃO

A Ciência dos Materiais é uma área de pesquisa interdisciplinar importante do ponto de vista econômico e tecnológico (Smith; Hashemi, 2013). Pesquisas recentes sugerem que tópicos de Ciência de Materiais podem fornecer um conteúdo contextualizado e interdisciplinar, promovendo paralelamente competências e habilidades (Souza, 2005; Gogotsi et al., 2005; Meijer; Bulte; Pilot, 2013). A introdução de tópicos de Ciência de Materiais no currículo pode oferecer diversas oportunidades de

inovação no ensino de Física, ajudando a superar abordagens tradicionais, focadas na memorização (Séré; Coelho; Nunes, 2004). Além disso, a Ciência de Materiais fornece experimentos são reconhecidamente eficazes para desenvolver o pensamento crítico dos alunos, oferecendo uma aprendizagem significativa (Moreira, 1996). O objetivo desse artigo é revisar uma série de experimentos da Ciência dos Materiais, que podem ser aplicados em aulas de Física, por sua capacidade de ilustrar conceitos físicos fundamentais, propiciando o entendimento de propriedades elétricas e magnéticas dos materiais, estrutura cristalina, deformação plástica e fratura, e propriedades ópticas, por exemplo. Os experimentos foram selecionados para abranger desde atividades simples de laboratório até projetos mais complexos, com o objetivo de fornecer aos educadores uma variedade de opções para incorporar a Ciência dos Materiais em seus currículos em diferentes níveis de ensino, do fundamental ao superior.

Um levantamento de experimentos de Ciência de Materiais próprios para serem utilizados em experimentos de Física, se justifica pelos seus potenciais contribuições para o processo de ensino e aprendizagem. Entre essas contribuições está a de proporcionar aos alunos a vivência do método científico de maneira atrativa. Também se destaca a possibilidade de utilização de materiais alternativos ou de baixo custo, para auxiliar à realidade da escola pública no Brasil, onde falta estrutura (Silva; Leal, 2017). Como apontado por Zanetic (1990), um ensino de Física mais contextualizado e interdisciplinar, calcado no uso de experimentos, contribui para uma maior cultura científica. (pensar sobre a Ciência de Materiais possa tornar ilustrar a teoria e mais próxima do cotidiano) O papel da experimentação é preponderante para o desenvolvimento do pensamento científico e formar indivíduos críticos e preparados para lidar com situações e problemas do cotidiano, e o educador atua como mediador, utilizando métodos variados para guiá-los no intuito de promover o desenvolvimento científico e cognitivo (Gaspar; Monteiro, 2005).

A utilização dos experimentos da Ciência dos Materiais no ensino de Física pode ser embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. De acordo com essa teoria, os alunos constroem seu conhecimento ao integrar novas informações com conceitos subsunçores, i.e., conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva (Moreira,

1999). Por exemplo, ao estudar propriedades ópticas dos materiais, os alunos podem realizar experimentos de reflexão e refração da luz em diferentes materiais, como vidro e plástico, para entender como essas propriedades estão relacionadas à estrutura molecular dos materiais. Outro exemplo pode ser a exploração do estudo da Física Atômica e Molecular a partir de conceitos de Ciência de Materiais (Moura; Anjos, 2022). Para estudantes, a experimentação pode ser motivadora, lúdica e sensorialmente envolvente. Professores reconhecem que os experimentos contribuem para a aprendizagem, envolvendo os alunos nos temas abordados (Giordan, 1999, p. 43), seguindo as orientações do professor que detalham indicações metodológicas para o desenvolvimento dos conteúdos tanto a nível teórico quanto procedimental (Delizoicov e Angotti, 1990). O professor pode usar tópicos da Ciência dos Materiais como *tema gerador*, conforme proposto por Paulo Freire (1993), para despertar um maior interesse nas ciências exatas e tecnologias. Através dos experimentos de Ciência dos Materiais, os alunos podem desenvolver pensamento crítico, competências científicas, além de adquirir habilidades práticas, como a preparação de amostras e a interpretação de resultados. Essas habilidades são importantes não apenas para a Física, mas também para o desenvolvimento do pensamento científico (Gaspar; Monteiro, 2005).

A dificuldade de aprendizagem de conceitos físicos pode ser explicada através do conceito de obstáculo epistemológico. Esse conceito refere-se às ideias preconcebidas e incorretas que os alunos trazem consigo, dificultando a compreensão dos novos conceitos. Os obstáculos epistemológicos são inerentes ao processo de conhecimento, constituindo-se em acomodações ao que já se conhece, e podem ser entendidos como anti-rupturas (Bachelard, 1996). O conhecimento comum seria um obstáculo ao conhecimento científico, pois este é um pensamento abstrato. O experimento de Física está intrinsecamente ligado ao erro, esse aspecto incentiva a correção por meio de observações e medições. Adicionalmente, é comum os educadores destacarem que a prática experimental é essencial no ensino de Ciências, uma vez que pode despertar o interesse de alunos de diferentes níveis educacionais, devido à sua natureza motivadora e lúdica (Giordan, 1999, p. 46). A importância de discutir resultados inesperados é ressaltada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2000, 2017). Os PCNs enfatizam a importância da experimentação desde

a Educação Infantil, enquanto a BNCC estabelece metas para o Ensino Médio, incluindo a comunicação de resultados de experimentos. Destaca-se também a relevância do letramento científico na formação de professores, conforme preconizado (Brasil, 2017; Sasseron, 2018).

A combinação entre experimentação e teoria motiva os alunos a conectarem o conhecimento teórico com a experiência prática, o que torna a aprendizagem mais autônoma (De Moraes Queiroz; Dos Santos Moraes; Gonçalves Santos, 2023). A Ciência dos Materiais, como campo interdisciplinar, proporciona uma visão abrangente que transcende as fronteiras entre Física, Química e Engenharia. Experimentos envolvendo a Ciência dos Materiais oferecem aos alunos a oportunidade de compreender conceitos fundamentais da Física aplicados a objetos do mundo real, beneficia o envolvimento e aprendizado dos alunos, como foi evidenciado por Lima e Barbosa (2023). A utilização de simulações é outra abordagem que enriquece a criação de modelos mentais (Moreira, 1996). Simulações, ao explorar dimensões psicológicas, sociológicas e cognitivas, aproximam os alunos do mundo moderno de maneira crítica e significativa (Auler, 2003)

CONEXÃO ENTRE O ENSINO DE FÍSICA E A CIÊNCIA DOS MATERIAIS

Ensinar Física no Ensino Médio apresenta o desafio de não apenas transmitir conhecimentos, mas também instigar o interesse dos alunos pelas Ciências. Nesse desafio, o professor desempenha um papel precípuo de despertar a curiosidade epistemológica do aluno (Freire, 1993), promover cultura científica (Zanetic, 1990) e alfabetização científica (Chassot, 2003), além de um enfoque na Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) (Auler, 2007). As atividades experimentais que farão uso do conteúdo da Ciência dos Materiais, devem ser bem planejadas, pois a aula prática constitui recurso didático importantíssimo no processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas da área de Ciências da Natureza, além de serem objetos motivadores e facilitadores da aprendizagem, seguindo as orientações do professor que detalham indicações metodológicas para o desenvolvimento dos conteúdos tanto a nível teórico quanto procedimental (Delizoicov e Angotti, 1990).

A Ciência dos Materiais destaca-se como uma ferramenta atrativa no Ensino de Física, proporcionando uma abordagem interdisciplinar. Apesar da busca por novas metodologias e recursos didáticos, a falta de suporte profundo e formação contínua para os professores limita mudanças significativas na pedagogia e no currículo do Ensino Médio. Além disso, a o ensino de Física no país enfrenta obstáculos expressivos, principalmente no que se refere a ausência de laboratórios, falta de recursos tecnológicos e desvalorização profissional (Silva; Leal, 2017). O uso de novas tecnologias através da resolução de problemas abertos pode ser fundamentado por meio das metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) ou Sequência de Ensino por Investigação (SEI) (Pasqualetto; Veit; Araújo, 2017). Incorporado aos experimentos, podemos fazer uso das metodologias ativas, alinhando-se com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Este método, fundamentado na problematização, elaboração e teste de hipóteses, proporciona aos professores maior confiança e conhecimento, especialmente em relação à Ciência dos Materiais, como evidenciado na Universidade Estadual de Ohio nos Estados Unidos (Polasik; Daehn; McCombs, 2016). A Sequência de Ensino por Investigação é uma abordagem educacional que engloba uma série de procedimentos interligados, os quais possibilitam aos participantes uma participação ativa nas atividades propostas para a aprendizagem. O propósito das atividades ligadas ao conhecimento científico é incentivar os alunos a resolverem os problemas e questões apresentados, interagindo com os objetos disponibilizados e estabelecendo conexões entre suas ações e as reações dos objetos, e os experimentos de Física contribuem para esse método de ensino, proporcionando aos educandos maior contextualização e interdisciplinaridade (Fazenda, 2008; De Moraes Queiroz; Dos Santos Moraes; Gonçalves Santos, 2023).

METODOLOGIA

A pesquisa se baseia na coleta de dados utilizando uma revisão integrativa em sites especializados, mais especificamente o Google Scholar, no intuito de filtrar trabalhos acadêmicos que demonstrem experimentos baseados na Ciência dos Materiais, incluindo artigos nacionais e internacionais. Dessa forma, filtramos uma ampla gama de fontes, incluindo artigos nacionais e internacionais, para identificar os experimentos mais

pertinentes ao nosso estudo. Essa abordagem nos permitiu selecionar uma variedade de experimentos que abordassem diferentes aspectos da Ciência dos Materiais e que fossem passíveis de aplicação em sala de aula, considerando as limitações de recursos nas escolas brasileiras.

Para investigar a eficácia dos experimentos de Ciência dos Materiais no ensino de Física, realizamos uma pesquisa baseada na revisão integrativa por meio do repositório do Google Scholar utilizando expressões booleanas, como "Ciência dos Materiais AND ensino de física AND experimentos". Obtivemos inicialmente 347 resultados, os quais refinamos para selecionar experimentos mais pertinentes ao tema e passíveis de aplicação em sala de aula. Segundo Gil (2008), essa leitura visa identificar as partes mais relevantes para a seleção, a fim de encontrar as publicações mais adequadas para a pesquisa, sendo realizada em todos os artigos encontrados. A abordagem conhecida como revisão integrativa também é definida pela compilação e resumo de resultados de estudos sobre um tema ou objeto específico, de maneira sistemática e organizada. (Botelho; Cunha; Macedo, 2011). A escolha dos experimentos baseou-se em critérios que visam tanto a clareza na demonstração dos conceitos de Ciência dos Materiais quanto sua aplicabilidade e adequação ao contexto educacional. Optamos por experimentos que abordam fenômenos como mudanças de estado físico, propriedades ópticas e mecânicas dos materiais, entre outros, de forma a promover a compreensão teórica dos alunos.

EXPERIMENTO DO MODELO DE DEMONSTRAÇÃO POR ANALOGIA PARA MICROSCOPIA DE TUNELAMENTO POR VARREDURA

A microscopia de tunelamento por varredura (STM) foi desenvolvida nos anos 1980 por Binnig e Rohrer, ganhadores do Prêmio Nobel de Física em 1986. Essa técnica, baseada no efeito de túnel quântico, permite observar superfícies com resolução atômica. Utiliza um eletrodo de ponta fina próximo à superfície, aplicando uma diferença de potencial para induzir um fluxo de elétrons através do túnel, cuja corrente é traduzida em imagem.

Mannheimer (2002) descreve a STM em detalhes, abordando sua base física e aplicações em física de materiais, nanotecnologia, eletroquímica e física de materiais

moleculares. No ensino, a STM exemplifica a aplicação da física quântica no estudo de materiais, sendo útil para visualizar propriedades em escala atômica e compreender conceitos sobre a estrutura de materiais e eletrônica de sólidos em dimensões nanométricas.

A microscopia de tunelamento por varredura é usada na nanotecnologia e ciência dos materiais para visualizar superfícies em escala nanométrica. Essa técnica mede a corrente elétrica através de um "túnel" entre a ponta do eletrodo e a amostra, gerada pela interação de elétrons. A corrente depende da distância entre a ponta e a superfície, sendo amplificada e medida por um detector. Moura (2019) utilizou um protótipo por meio do Arduino UNO e um sensor Hall para demonstrar como funciona o STM de forma ilustrativa, como demonstra a Figura 1.



Fonte: Autor (2019).

Figura 1 – Modelo de demonstração da Microscopia de Tunelamento por Varredura

A equação que descreve a corrente elétrica em função da distância na microscopia de tunelamento por varredura é dada pela Lei de Túnel de Fowler-Nordheim:

$$I = Ae^{\{-B\sqrt{\phi}d\}},$$

onde I é a corrente elétrica, A e B são constantes experimentais, ϕ é o potencial de barreira da superfície da amostra, e d é a distância entre a ponta do eletrodo e a superfície da amostra. Essa equação mostra a relação entre a corrente elétrica e a distância, influenciada pelo potencial de barreira da superfície.

EXPERIMENTO DO ANÁLOGO MECÂNICO PARA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DOS METAIS DO MODELO DE DRUDE

O análogo mecânico do modelo de Drude (Bagnato; Rodrigues, 2006) é um experimento relevante de Ciência dos Materiais que explora conceitos de Física de forma acessível e de fácil construção. Neste experimento, um sistema mecânico simula o comportamento dos elétrons em um metal conforme o modelo de Drude, utilizando pregos, bolinhas de metal e a gravidade para representar os elétrons, íons e suas colisões. Isso fundamenta o modelo de Drude na explicação da condutividade elétrica dos metais. Esta simulação demonstra a integração entre Ciência dos Materiais e Ensino de Física, validando experimentalmente modelos teóricos e facilitando a compreensão de conceitos abstratos, como o comportamento dos elétrons em materiais condutores. O modelo de Drude, proposto por Paul Drude em 1900, descreve o comportamento eletrônico em metais, onde os elétrons movem-se livremente como partículas carregadas em um gás eletromagnético. Sua movimentação aleatória e as colisões com íons e outros elétrons resultam na resistência elétrica do metal. As equações matemáticas do modelo incluem a conservação da carga elétrica, a equação de movimento de Newton e a equação do campo elétrico, fundamentais para representar o comportamento do gás de elétrons. Equação de conservação da carga elétrica:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot J = 0,$$

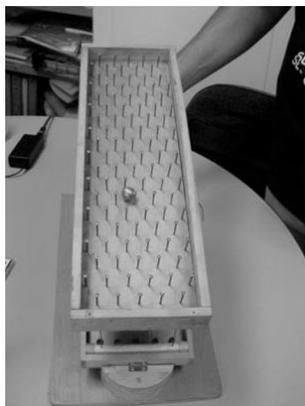
onde ρ é a densidade de carga e J é a densidade de corrente elétrica. Equação de movimento de Newton:

$$m \left(\frac{dv}{dt} \right) = -eE - (m\tau^{-1}),$$

onde m é a massa do elétron, v é a velocidade, E é o campo elétrico aplicado, e τ é o tempo médio entre colisões. Equação de movimento para o campo elétrico:

$$\nabla \cdot E = \rho/\epsilon,$$

onde ϵ é a constante dielétrica do material. Essas equações são integradas para descrever a dinâmica dos elétrons em um metal, abrangendo a condução elétrica e a dissipação de energia devido às colisões.



Fonte: (Bagnato; Rodrigues, 2006).

Figura 2 – Ilustração do análogo mecânico do Modelo de Drude

O modelo de Drude é uma abordagem simples para explicar a condução elétrica em metais (Ashcroft; Mermin, 1976), sendo útil para calcular propriedades como resistividade elétrica, condutividade térmica e velocidade de ondas eletromagnéticas em metais. Apesar de suas limitações, como a não consideração de efeitos quânticos, o modelo oferece uma compreensão básica da dinâmica dos elétrons em metais. O experimento do análogo mecânico de Bagnato, criado em 2002, é uma ferramenta didática simples e eficaz para ilustrar o comportamento eletrônico em metais, usando uma bola de gude em uma bacia como analogia, como mostra a Figura 2. Desenvolvido pelo físico brasileiro Vanderlei Bagnato, tem sido amplamente utilizado no ensino médio de física. O experimento utiliza uma rampa com pregos de metal e uma bola de gude para simbolizar o movimento dos elétrons em um metal, abordando conceitos como condução elétrica, resistência, colisões e dissipação de energia. Sua adaptabilidade com obstáculos permite representar impurezas, tornando-o uma ferramenta valiosa para elucidar conceitos complexos de física e tornar o ensino mais intuitivo e eficaz no ensino médio.

EXPERIMENTO DO ESTRANHO COMPORTAMENTO DOS ELÁSTICOS

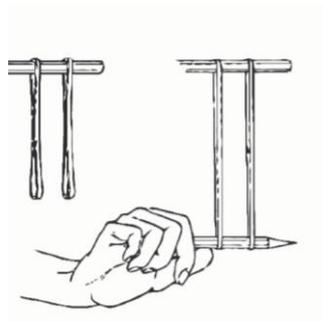
Um dos experimentos práticos relevantes na área de Ciência dos Materiais é intitulado "O estranho comportamento dos elásticos", que explora a compressão e dilatação de corpos, conectando a temperatura à propriedade de contração ou expansão dos elásticos (fenômeno de histerese). Utilizando materiais comuns, como elástico, um

balde e um secador de cabelo, o experimento envolve a elevação de um balde com a variação de temperatura. Além de abordar conceitos físicos, ele também pode incorporar conhecimentos de Química relacionados ao arranjo molecular dos elásticos. Este experimento foi extraído do trabalho científico "10 Simple and Effective In-class Experiments and Demonstrations for Materials Education - An Overview", compilado pelo professor Tom Stoebe, ex-professor de Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade de Washington (Stoebe; Webster, 2007).

Outro experimento relevante, conhecido como "Rubber Bands" e descrito no livro "Ciência e Engenharia de Materiais" de William Callister, demonstra de maneira simples e acessível as propriedades mecânicas dos polímeros, especificamente da borracha. O experimento consiste em esticar uma amostra de borracha, como uma banda elástica, e observar seu comportamento. Quando esticada, a borracha exibe uma deformação elástica, retornando ao comprimento original quando a força é removida. No entanto, se esticada além de um ponto crítico, ocorre uma deformação plástica, indicando um "estrangulamento" ou "ponto de ruptura". Essas propriedades mecânicas dos polímeros podem ser descritas por equações como a Lei de Hooke, que relaciona a tensão e a deformação em materiais elásticos. A equação da Lei de Hooke pode ser escrita como:

$$\sigma = E\varepsilon,$$

onde σ é a tensão aplicada, E é o módulo de elasticidade (ou módulo de Young) do material e ε é a deformação aplicada. No entanto, essa equação não é aplicável para materiais que sofrem deformação plástica, como a borracha, e para descrever o comportamento desses materiais é necessário usar outras equações, como a equação de Mooney-Rivlin, que descreve a relação entre a tensão e a deformação para materiais que sofrem grandes deformações.



Fonte: (do Autor).

Figura 3 – Procedimento experimental utilizado durante o processo de avaliação

O experimento "Rubber Bands" é uma abordagem prática para ensinar conceitos de física, como elasticidade e deformação plástica em materiais poliméricos. Adaptável, pode incluir variáveis como temperatura, mostrando efeitos nas propriedades dos polímeros. Facilita a compreensão da relação entre tensão e deformação, usando a Lei de Hooke. É útil no ensino médio, destacando a importância do módulo de elasticidade, sendo prático e relacionando-se com conceitos de entropia e energia livre. A variação de entropia da borracha pode ser descrita pela equação:

$$\Delta S = \frac{\int dQ}{T},$$

onde ΔS é a variação de entropia da borracha, dQ é a quantidade de calor transferida para a borracha durante o processo, e T é a temperatura absoluta. Durante o processo de estiramento, a borracha recebe calor do ambiente e sua entropia diminui. Portanto, ΔS é negativo durante essa etapa. Já durante o processo de relaxamento, a borracha libera calor para o ambiente e sua entropia aumenta. Portanto, ΔS é positivo durante essa etapa. A energia livre de Helmholtz da borracha pode ser descrita pela equação:

$$F = U - TS,$$

onde F é a energia livre de Helmholtz, U é a energia interna da borracha, T é a temperatura absoluta, e S é a entropia da borracha. Durante o processo de estiramento, a energia livre de Helmholtz da borracha diminui, pois a entropia diminui. Já durante o processo de relaxamento, a energia livre de Helmholtz da borracha aumenta, pois a entropia aumenta, como mostra a Figura 3.

OUTROS EXPERIMENTOS

Os experimentos descritos abrangem tanto conteúdos de Física quanto de Ciência dos Materiais. Muitos desses experimentos contribuem para a compreensão de diversos temas de Física. Um exemplo é o experimento "Phase Change Experiment: Nitinol and Bobby Pins" (Stoebe; Webster, 2007), que explora a mudança de fase usando Nitinol, uma liga conhecida por suas propriedades como superelasticidade, memória de forma e

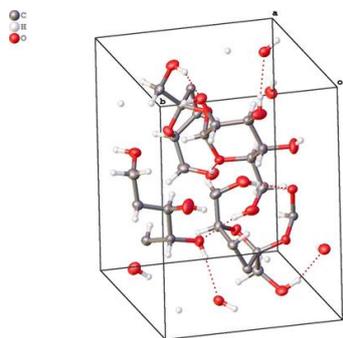
alta resistência à corrosão. Os grampos são excelentes materiais para ilustrar transições de fase, e a avaliação revelou que um pedaço de nitinol pode ser dobrado mais vezes em água fervente do que em água fria. O Journal of Chemical Education publica diversos trabalhos de química, alguns explorando conteúdos de Física. Um exemplo é "Teaching Single Crystal X-ray Crystallography in the Undergraduate Classroom with Sugar and Epsom Salt" (Beuparlant; Eagle; Mohseni; Mcmillen, 2023).



Fonte: (Stoebe; Webster, 2007).

Figura 4 – Grampo sendo resfriado em água fria após o processo de aquecimento

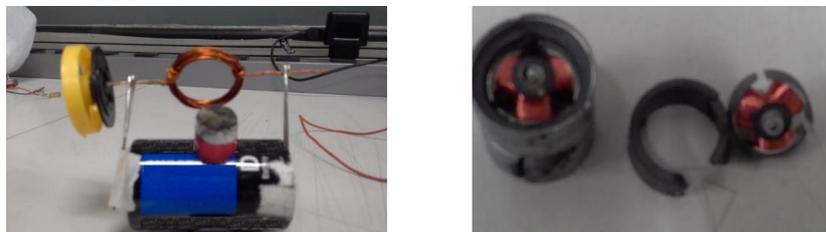
Ele apresenta uma abordagem prática e acessível para ensinar difração de raios-X usando cristais de açúcar e sal. Embora direcionado a alunos de graduação, pode ser adaptado para o ensino médio. Os alunos aprendem a preparar amostras de cristais, usar um difratômetro de raios-X para coletar dados e determinar a estrutura tridimensional dos cristais. Esses experimentos abordam conceitos fundamentais da difração de raios-X, aplicáveis em várias áreas da ciência e tecnologia, como síntese de materiais, descoberta de medicamentos e engenharia de proteínas. Robson Ancelme de Macedo trata do ensino de eletromagnetismo no ensino médio com materiais acessíveis. Propõe experimentos práticos, como a construção de motores elétricos, usando ímãs e fios condutores, para explorar conceitos como campo magnético e indução eletromagnética. O objetivo é tornar o aprendizado mais prático e envolvente para os estudantes.



Fonte: (Beauparlant; Eagle; Mohseni; Mcmillen, 2023).

Figura 5 – Os alunos geraram modelos de ambos os compostos

O experimento envolve a construção de um motor elétrico simples com materiais comuns, como pregos e fios de cobre esmaltado, para demonstrar a relação entre corrente elétrica, campo magnético e movimento mecânico. Macedo discute as implicações pedagógicas dessa abordagem para o ensino de conceitos importantes de física e ciência dos materiais (Macedo, 2016).

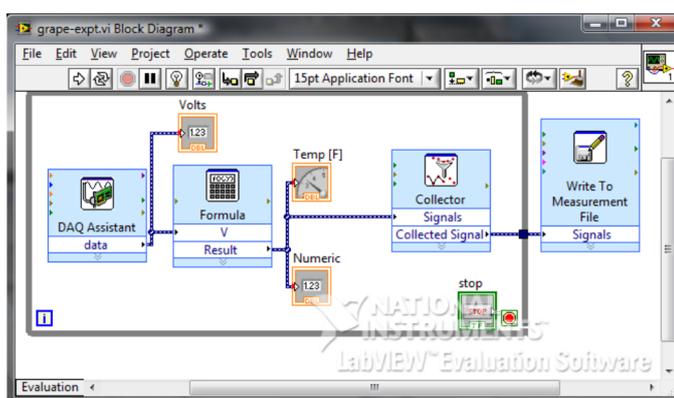


Fonte: (Macedo, 2016).

Figura 5 – Elementos básicos de um motor elétrico (CC).

Briscoe e Dufee (2009) descrevem um experimento que utiliza o software LabVIEW e um circuito com termistor para medir a temperatura de uma substância. Este trabalho destaca a aplicação da tecnologia como ferramenta no ensino de física e ciência dos materiais, oferecendo uma abordagem prática dos conceitos teóricos aos alunos. Enfatiza a importância do conhecimento das propriedades elétricas dos materiais em relação à temperatura, fundamental para compreender fenômenos físicos e desenvolver tecnologias em áreas como Engenharia e Ciência dos Materiais. Aborda conceitos de circuitos elétricos, resistência elétrica, leis de Ohm e termometria, relevantes para o ensino médio e fundamental, e explora a aplicação desses conceitos na medição da temperatura por meio de um termistor e do LabVIEW. Utilizando tecnologias open-

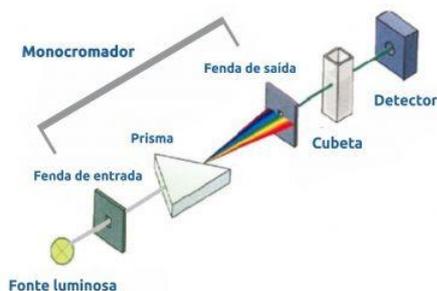
source, como o software LabVIEW e a placa Arduino, a máquina foi desenvolvida com custo acessível para realizar ensaios de torção em diversos materiais. O autor enfatiza a importância desse experimento para compreender o comportamento mecânico dos materiais e para ensinar conceitos fundamentais da ciência dos materiais, como deformação plástica e fratura. O trabalho também explora a viabilidade de usar essa máquina em aulas práticas de física e engenharia, proporcionando aos estudantes uma experiência mais próxima da realidade.



Fonte: (Briscoe; Dufee, 2009).

Figura 6 – Uso do LabVIEW para coleta de dados.

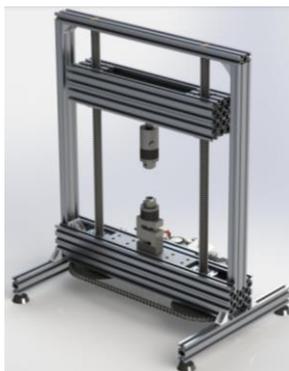
Souza (2016) destaca a relevância do uso de espectrofotômetros no ensino de física e ciência dos materiais. O experimento proposto permite investigar a absorção e transmissão de luz por diversos materiais, abordando conceitos ópticos como espectros de absorção e reflexão. Utilizando um espectrofotômetro de bancada acessível e amostras comuns, a prática é realizada de forma direta, como na Figura 8. Também sugere atividades e discussões para enriquecer a compreensão dos alunos sobre os conceitos abordados, promovendo o aprendizado e o interesse pela ciência dos materiais. Destaca-se a importância de experimentos práticos e acessíveis no ensino de física e ciência dos materiais (Sousa, 2016).



Fonte: (Infoescola).

Figura 8 – Esquema do funcionamento interno de um espectrofotômetro.

Anderson Zenken Nakazato aborda a criação de uma máquina de ensaios mecânicos portátil e acessível (Nakazato, 2019). O objetivo é destacar a relevância do ensaio de torção no ensino de Física e Ciência dos Materiais, como mostra a Figura 7.



Fonte: (Nakazato, 2019).

Figura 7 – Imagem renderizada da parte estrutural e mecânica da máquina.

Hélia Sandra Bento Tavares dos Santos oferece uma proposta didática para o ensino de física e ciência dos materiais, centrada nas células solares. O trabalho apresenta atividades experimentais e teóricas que exploram conceitos relacionados à eletricidade, magnetismo, óptica, semicondutores, fabricação e funcionamento das células solares. A autora destaca a importância de abordar esse tema no ensino médio, considerando a crescente demanda por fontes de energia renováveis e a necessidade de formação de cidadãos conscientes e críticos sobre o uso da energia, como na Figura 9. Além disso, a proposta de atividades experimentais e teóricas apresentada permite uma maior interação dos estudantes com os conteúdos, facilitando a compreensão dos conceitos envolvidos e estimulando o interesse pela ciência dos materiais. Assim, o trabalho é relevante para o

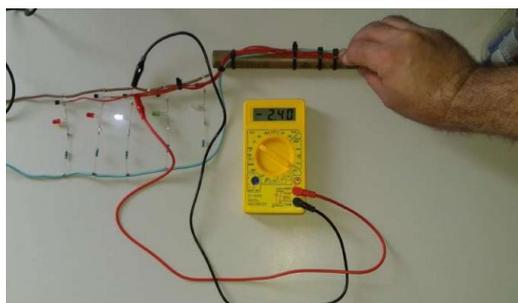
ensino de física e ciência dos materiais, ao propor uma abordagem didática inovadora e contextualizada com temas atuais e relevantes para a sociedade (Santos, 2019).



Fonte: (Santos, 2019).

Figura 9. Fotografias durante experimentação de construção de células caseiras.

Siqueira (2022) propõe uma sequência didática para ensinar física de materiais semicondutores, com foco em dopagem e seus efeitos. Ele argumenta que entender semicondutores é crucial, pois são usados em dispositivos eletrônicos. A sequência didática busca apresentar esses conceitos de forma clara e acessível, usando atividades experimentais e demonstrações práticas. Destaca-se a importância da integração entre teoria e prática, enfatizando atividades laboratoriais. Também ressalta o uso de materiais relevantes para os estudantes, como semicondutores comuns em dispositivos eletrônicos. A sequência de atividades que vai dos conceitos básicos até projetos práticos com semicondutores.



Fonte: (Siqueira, 2022).

Figura 10. Circuito realizado durante a sequência didática.

RESULTADOS

A lista de experimentos abrange diversos conteúdos fundamentais de física, adequados para o ensino médio e superior, como mostra o Quadro 1. Cada experimento

proporciona uma abordagem prática aos conceitos teóricos de física e ciência dos materiais.

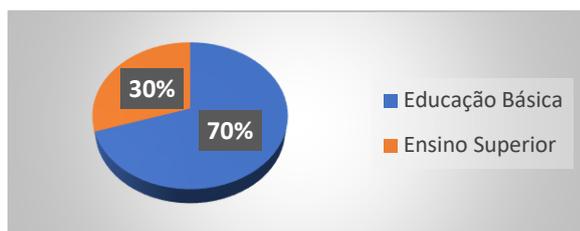
Quadro 1 – Experimentos a respeito da Ciência dos Materiais e seus respectivos conteúdos de Física relacionados.

Título do experimento	Conteúdo de Física relacionado	Nível de Ensino
<i>The Odd Behavior of Rubber Bands</i>	Dilatação e Termometria	Educação Básica
<i>Phase Change Experiment: Nitinol and Bobby Pins</i>	Transição de Fase e Termodinâmica	Educação Básica
<i>O análogo mecânico do modelo de Drude: um experimento simples e divertido</i>	Condutividade Elétrica, Colisões e Efeito Joule	Educação Básica
<i>Teaching Single Crystal X-ray Crystallography in the Undergraduate Classroom with Sugar and Epsom Salt</i>	Difração de Raio-x	Ensino Superior
<i>Motor Elétrico Simples usando um ímã e um fio condutor</i>	Campo Magnético, Indução Eletromagnética e Corrente Elétrica	Educação Básica
<i>Using LabVIEW to Measure Temperature with a Thermistor</i>	Circuitos Elétricos, Resistência Elétrica, Leis de Ohm e Termometria	Ensino Superior
<i>Ensaio de Torção</i>	Força elástica, tensão e deformação	Ensino Superior
<i>Espectrofotômetro</i>	Ondas Eletromagnéticas, Ondas e Óptica	Educação Básica
<i>Células Solares</i>	Conservação da Energia, Potência Elétrica e Corrente Elétrica	Educação Básica
<i>Semicondutores e dopagem</i>	Eletricidade e Magnetismo	Educação Básica

Fonte: Do autor, 2023.

Por exemplo, o Ensaio de Torção ajuda os alunos a compreenderem a relação entre força elástica, tensão e deformação, enquanto o experimento de Células Solares explora conceitos como conservação de energia, potência elétrica e corrente elétrica. O experimento de Semicondutores e Dopagem aborda conceitos de eletricidade e magnetismo, enquanto o experimento de Teoria da Difração de Raio-X ensina sobre difração de raios-x e a estrutura cristalina de materiais. A maioria dos experimentos utiliza materiais acessíveis, sendo vantajosos para professores com orçamento limitado que desejam realizar atividades práticas na sala de aula. Esses experimentos podem ser adaptados para diferentes níveis de ensino, sendo alguns mais adequados para a educação básica e outros demandando um maior nível de conhecimento para o ensino superior. Os experimentos mais relevantes para a educação básica incluem o "Motor Elétrico Simples

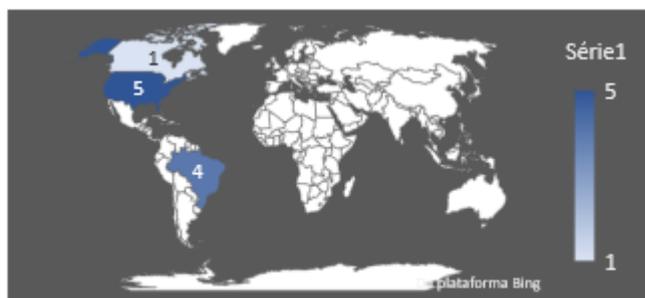
usando um ímã e um fio condutor", que explora conceitos de campo magnético, indução eletromagnética e corrente elétrica. Além disso, o experimento "Espectrofotômetro" é importante para investigar as propriedades ópticas dos materiais e relacioná-las com conceitos de ondas eletromagnéticas e ondas de luz. Para o ensino superior, destacam-se os experimentos "Teaching Single Crystal X-ray Crystallography in the Undergraduate Classroom with Sugar and Epsom Salt", que aborda conceitos avançados de difração de raios-x e estrutura cristalina, e "Semicondutores e dopagem", envolvendo o estudo de materiais semicondutores e processos de dopagem, fundamentais para o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos avançados. O Gráfico 1 apresenta a porcentagem de trabalhos por nível de ensino, indicando a relevância de cada categoria. Observamos que, apesar de termos muitos exemplos voltados para o ensino superior, muitos desses podem ser aplicados também na Educação Básica.



Fonte: (do autor).

Gráfico 1 – Porcentagem por nível de ensino.

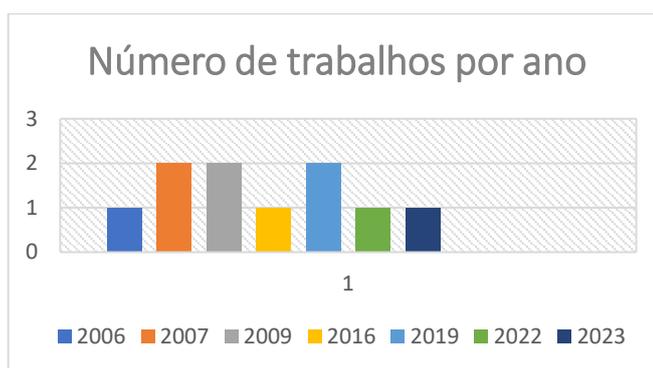
O Gráfico 2 mostra a distribuição global dos experimentos, evidenciando que a pesquisa é mais proeminente nos Estados Unidos, mas com uma considerável presença no Brasil. Vale ressaltar que, apesar de terem sido analisados 10 experimentos, há 9 trabalhos acadêmicos na lista devido à duplicidade em um deles.



Fonte: (do autor).

Gráfico 2 – Ocorrências de experimentos pelo Mundo

Por fim, podemos ainda analisar a evolução desses trabalhos pelos anos que foram publicados, isso é importante para termos uma ideia do quanto esses trabalhos estão sendo realizados ao longo dos últimos anos, como podemos observar no Gráfico 3, que podemos perceber que são poucos trabalhos recentes.



Fonte: (do autor).

Gráfico 3 – Ocorrências de experimentos pelo Mundo

CONCLUSÃO

A Ciência dos Materiais representa uma área de grande relevância e potencial como recurso didático, especialmente no ensino de Física. A experimentação é essencial para tornar o processo de ensino mais significativo e motivador, permitindo que os estudantes desenvolvam habilidades importantes para o futuro. A utilização de materiais alternativos e de baixo custo torna possível realizar experimentos em escolas públicas, onde frequentemente há limitações de recursos. É necessário promover mais estudos e projetos que explorem essa temática, visando contribuir para uma educação de qualidade e acessível a todos. Observa-se que a experimentação em Ciência dos Materiais ainda é pouco explorada, tanto no Brasil quanto globalmente, especialmente no contexto do Ensino Médio. Muitos desses trabalhos estão direcionados para graduações em Engenharias, Química, Física e áreas tecnológicas. Portanto, é fundamental incentivar maior participação, tanto na formação inicial quanto continuada, para estudantes que optam por essas áreas. Políticas públicas desempenham um papel crucial na construção de uma cultura científica e alfabetização científica na sociedade como um todo. A

integração da teoria com a prática, especialmente com o auxílio de laboratórios de Física por meio de experimentos ou laboratórios de informática utilizando simuladores computacionais, permite que os educandos possam experimentar a cultura científica, experimentando, errando e reconstruindo conhecimento, facilitando a compreensão de conceitos complexos (Isquierdo, 2017). A revisão revelou 10 experimentos de Ciência dos Materiais que oferecem a oportunidade de utilizar atividades interdisciplinares e contextuais, promovendo uma melhor compreensão dos conceitos abstratos e desenvolvendo habilidades práticas nos alunos, como trabalho em equipe, resolução de problemas e comunicação científica. O levantamento de experimentos feito pode ser valioso para educadores e estudantes no que tange a novas opções de recursos didáticos e métodos de ensino, gerando alternativas e abrindo caminhos para que trabalhos futuros desenvolvam novas estratégias para introduzir a Ciência de Materiais em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ASHCROFT, N.W., MERMIN, N.D. **Solid State Physics**, Saunders College, 1976.
- AULER, D. Alfabetização Científico-Tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 5, n. 1, p. 68–83, jun. 2003.
- AULER, D. Enfoque CTS: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v. 1, nº especial, nov. 2007.
- BEAUPARLANT, A. M.; EAGLE, C. T.; MOHSENI, R.; MCMILLEN, C. D. Teaching Single Crystal X-ray Crystallography in the Undergraduate Classroom with Sugar and Epsom Salt. **Journal of chemical education**, v. 100, n. 1, p. 336–341, 2023.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BAGNATO, V. S.; RODRIGUES, V. Análogo mecânico para condutividade elétrica dos metais: efeito da temperatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, p. 35–39, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172006000100005>
- BOTELHO, L. L. R., CUNHA, C. A., & MACEDO, M.. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.
- BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências Humanas e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2000. BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais.
- BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular**: Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. BRASIL.

BRISCOE, C.; DUFEE, W. **Using LabVIEW to Measure Temperature with a Thermistor** - PDF Free Download. [s. l.], [s. d.]. 2009. Disponível em: <https://docplayer.net/21231812-Using-labview-to-measure-temperature-with-a-thermistor.html> . Acesso em: 30 mar. 2023.

CALLISTER, W. D., *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma. Introdução*. **John Wiley & Sons, Inc.**, 2002.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, n. 22, p. 89-100, 2003.

DE MORAIS QUEIROZ, M.; DOS SANTOS MORAES, M.; GONÇALVES SANTOS, T. A Física por meio de Experimentos em uma escola no município de Coari/AM. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, n. 1, p. 414-429, 4 maio 2023.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. 1990.

FAZENDA, I. C. A. **O que é Interdisciplinaridade?**, São Paulo, Cortez, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e terra, 1993.

GASPAR, A. MONTEIRO, I.C.C. Atividades Experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 2, p. 227 254, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. no 1999, n. 10, p. 43–49, 1999.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

ISQUIERDO, E. F. **O uso do laboratório de física e a sua eficácia para o processo de ensino-aprendizagem**. [s. l.], 2017.

LIMA, G.; BARBOSA, J. A experimentação da física nos anos finais do ensino fundamental em uma escola no município de Andorinha/BA. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, n. 6, p. 723-737, 28 dez. 2023.

MACEDO, R. A. de. **Uso de materiais de baixo custo para o ensino de eletromagnetismo no ensino médio**. 2016. Disponível em: <https://app.homologacao.uff.br/riuff/handle/1/6077> . Acesso em: 30 mar. 2023.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOURA, G. Y. S.; ANJOS, P. H. R. O ensino interdisciplinar da física atômica e molecular por meio de Simulação: Uma Revisão Sistemática da Literatura. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 6, n. Especial, p. 363–369, 2022. DOI: 10.26512/rpf.v1i1.45973. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/45973> . Acesso em: 23 mar. 2023.

MANNHEIMER, Walter A. **Microscopia dos materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: Epapers, 2002.

NAKAZATO, A. Z. **Desenvolvimento de máquina universal de ensaios mecânicos portátil de baixo custo para fins didáticos utilizando o conceito open-source**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/181723> . Acesso em: 22 maio. 2023.

PASQUALETTO, T. I., VEIT, E. A., & ARAUJO, I. S. Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, p. 551–577, 2017, <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172551>

POLASIK, A., DAEHN, G.S., MCCOMBS, M.R. **Implementation of Materials Science in the High School Classroom American Society for Engineering Education**. [s. l.], [s. d.]. 2016 Disponível em: <https://monolith.asee.org/public/conferences/64/papers/16937/view> . Acesso em: 29 mar. 2023.

SANTOS, H. S. B. T. **Células Solares: Uma Abordagem para o Ensino Médio**. Dissertação. UFMT. BARRA DO GARÇAS – MT. 2019. Disponível em: <https://cms.ufmt.br/files/galleries/274/Dissertacoes/Helia.pdf> Acesso em: 30 mar. 2023.

SOUSA, J. P. et al. Exploring the Optical Properties of Materials Using a Spectrophotometer: A Demonstration for Physics Education. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n. 1, p. 38-41, 2016. DOI: 10.1021/acs.jchemed.6b00218.

SÉRÉ, M.-G., COELHO, S. M., & NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, v. 21, p. 31–43, 2004. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9897>

SIQUEIRA, K. S. de. **Uma proposta de sequência didática para o ensino da física de materiais semicondutores**. 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/9051> . Acesso em: 30 mar. 2023.

SILVA, J. C. X., & LEAL, C. E. dos S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira De Ensino De Física**, v. 39, n. 1, 2017. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>

SMITH, William F.; HASHEMI, Javad. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. Amgh Editora, 2013.

SOUZA, R. Materials science in secondary education: Clarification of funding sources for MRSEC initiatives. **Nature Mater** 4, 357, 2005. <https://doi.org/10.1038/nmat1381>

STOEBE, T. G, WEBSTER, R. A. **10 Simple and Effective In-Class Experiments and Demonstrations for Materials Education**. [s. l.], [s. d.]. Disponível em: https://atecentral.net/r8274/10_simple_and_effective_in-class_experiments_and_demonstrations_for_materials_education . Acesso em: 29 mar. 2023.

ZANETIC, J.. **Física também é cultura**. Tese de Doutorado. IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1989.

GOGOTSI, Y. et al. **Materials science in secondary education: Non-MRSEC initiatives**. Nature Materials, v. 4, n. 5, p. 357-357, 2005.

MEIJER, M. R.; BULTE, A. M. W.; PILOT, A. **Macro–Micro Thinking with Structure–Property Relations: Integrating ‘Meso-levels’ in Secondary Education**. In: TSAPARLIS, G.; SEVIAN, H. (org.). Concepts of Matter in Science Education. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 419–436. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5_20. Acesso em: 11 abr. 2024.