



REESMA, Humaitá - Amazonas, Volume XX, nº 2, jul-dez. 2026, p. 438-464.

PROPOSTAS EXPERIMENTAIS E DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE FÍSICA

EXPERIMENTAL AND LOW-COST PROPOSALS FOR PHYSICS TEACHING

Amilson Monteiro Miranda Filho¹
Edem Cordeiro de Aguiar²
Elizabeth Tavares Pimentel³
Renato Abreu Lima⁴

Resumo: No Ensino de Física, existem variedades de experimentos didáticos a serem realizados durante a vigência das aulas, sendo muito característico em pesquisas na área de ensino no Brasil. Nesse viés, o objetivo desta pesquisa foi mapear artigos científicos que fazem a utilização de materiais de baixo custo no Ensino Médio em aprendizagem de Física, usando como abordagem metodológica o estado do conhecimento, através de uma análise sistemática no Portal de Periódicos da CAPES, usando artigos Qualis A, conforme classificação do quadriênio 2017-2021. De acordo com os critérios de pesquisa, selecionaram-se um total de 16 artigos para análise, que se sobressaíram, apresentando experimentos de baixo custo em áreas como ondulatória, eletromagnetismo e Física moderna, mostrando êxito nas demonstrações e aplicação nas escolas. Além disso, o mapeamento mostrou muitas contribuições a diferentes séries do Ensino Médio utilizando materiais como Arduino, tubos de PVC e recicláveis, não somente para os estudantes, de modo geral, mas contemplando a inclusão, como estudantes com dislexia, proporcionando a importância de pesquisas nas áreas de ensino de Física, permitindo os professores a terem opções experimentais para serem usadas em sala de aula.

Palavras-chave: *Arduino*; recicláveis; tubos de PVC; pedagógico; estado do conhecimento.

¹ Mestrando de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Humanidades (PPGECH), IEAA/UFAM, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8074-3979>. E-mail: amilson.miranda.sai@gmail.com.

² Mestre em Ensino de Ciências e Humanidades, IEAA/UFAM, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3303-7552>. E-mail: edemcordeiromatfis@gmail.com.

³ Doutora em Geofísica pelo Observatório Nacional/RJ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-2956>. E-mail: elizabethpimentel@ufam.edu.com.br.

⁴ Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia e Pós-doutor em Ciência do Solo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0006-7654>. E-mail: renatoal@ufam.edu.br.



Abstract: In Physics Education, there is a wide variety of activities that can be carried out during class sessions, with low-cost experiments standing out as a characteristic feature of educational research in Brazil. Therefore, the main objective of this research was to map scientific articles that utilize low-cost materials in high school Physics learning. As a methodological approach, the state-of-the-art review was used through a systematic analysis in the CAPES journal database, selecting Qualis A articles according to the 2017–2021 classification. According to the established criteria, 16 articles were analyzed that stood out in Physics Education by presenting low-cost experiments in areas such as wave phenomena, electromagnetism, and modern Physics. These studies demonstrated success in both experimental demonstrations and school applications. Furthermore, the mapping revealed numerous contributions to different high school grades through the use of materials such as Arduino, PVC pipes, and recyclables, benefiting not only students in general but also promoting inclusion for students with dyslexia. This highlights the importance of research in the field of Physics Education, as it provides teachers with experimental options to be used in the classroom.

Keywords: Arduino; recyclables; PVC pipes; pedagogical issues; state of.



1 INTRODUÇÃO

Muitas instituições federais e estaduais, como UPF, UFPel, UFRGS e FURG, desenvolvem pesquisas de Física voltadas ao Ensino Médio, com foco no uso de materiais alternativos e de baixo custo em experimento didático, destacando materiais como a placa de prototipagem eletrônica *Arduino* e tecnologias simuladoras, amplamente empregadas por professores em investigações na área de ensino, sendo encontrados nos trabalhos como os de Monteiro, Camargo Filho e Greszczyszyn (2017), Cid e Correa (2019) e Silva e Leal (2017).

Essas produções fazem parte do conjunto de estudos analisados nesta pesquisa, evidenciando importantes contribuições para o campo científico voltado ao Ensino de Física, conforme destaca Moreira (2021), mostra o docente como peça fundamental na mediação do conhecimento com os estudantes, estabelecendo uma articulação efetiva entre teoria e prática, mesmo diante da escassez de materiais adequados e da falta de investimentos na área.

Dessa forma, existem diversas outras demandas no ambiente escolar como a própria falta de materiais e questões sociais, o que exige preparo e criatividade em recursos pedagógicos adequados, que, muitas vezes, são de preços elevados. Nesse caso, com o intuito de explorar e investigar sobre experimentos de baixo custo, o problema desta pesquisa buscou demonstrar quais as principais contribuições teóricas e práticas presentes na literatura sobre a utilização de materiais de baixo custo no Ensino de Física.

Entretanto, os materiais de baixo custo não devem vir como solução por traz de todo a problema de aulas prática no ensino de Ciência, podendo confundir materiais de baixo custo com sucata ou reutilizáveis, os estudantes merecem utilizar materiais precisos e de qualidade, esse olhar diante desse problema pode causar certo conforto diante da falta de materiais, que não pode ocorrer (Axt; Moreira, 1991).

Esse intuito visou a conhecer diversas metodologias de baixo custo aplicadas e investigadas por instituições presentes em todo o Brasil, podendo proporcionar um amplo entendimento da área, contribuindo significativamente para a divulgação científica, incentivando outros pesquisadores a compartilharem suas práticas com a sociedade e a aperfeiçoá-las no contexto da sala de aula, possibilitando a análise crítica de conceitos presentes em cada trabalho e evidenciando seus principais resultados, oferecendo ao



professor-pesquisador subsídios para trilhar caminhos já explorados ou propor melhorias. Desta forma, o levantamento do estado do conhecimento permitiu também aprofundar a discussão sobre a temática e refletir sobre as contribuições que cada estudo oferece à sociedade.

Diante dos fatos apresentados, o objetivo desta pesquisa foi mapear artigos científicos que fazem a utilização de materiais de baixo custo em aprendizagem de Física no Ensino Médio. Para isso, precisaram-se explorar as principais características dos artigos, identificando suas palavras-chave e contribuições gerais e analisar as contribuições experimentais e educacionais de cada pesquisa, considerando suas aplicações e resultados.

O seguinte texto está organizado de acordo com as categorias encontradas durante a análise dos artigos, sendo, no primeiro momento, quando se fala sobre o Ensino de Física através de experimentos de baixo custo, a plataforma *Arduino* no Ensino de Física e Materiais alternativos e recicláveis no Ensino de Física. Em seguida, se ressalta a metodologia usada na construção da pesquisa e, logo após, tem-se os resultados que se separam em duas partes, sendo elas: contribuições e características gerais dos artigos e contribuições experimentais e educacionais dos artigos. Por fim, as considerações finais.

ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

As experimentações começaram a serem introduzidas no ensino superior, em laboratórios didáticos, considerando as motivações e o aprimoramento nos conteúdos relacionando a teoria à prática, entretanto, essas práticas, nem sempre foram bem vistas no Ensino Médio, por não considerarem uma necessidade concreta para o ensino (Alves Filho, 2000). Este fato apresentado pelo autor é evidenciado em pesquisas contemporâneas, remetendo à necessidade do uso do laboratório de Física ao longo dos anos e trazendo a necessidade de relacionar teoria e prática. Por conseguinte, essas práticas experimentais passaram a ser amplamente utilizadas nas escolas públicas, com os mesmos propósitos didáticos (Bório, 2022), que podiam ser vistos pelo contexto histórico que mostra as experimentações como forma de mudança na sociedade, ao relacioná-las com fenômenos do cotidiano.



A experimentação ocupou um papel essencial na consolidação das ciências naturais a partir do século XVII, na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica sequencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência (Giordan, 1999, p. 2).

A ciência atual está alinhada ao que já foi feito no passado, e no meio educacional não é diferente, pois as experimentações são formadas por diversas motivações, mostrando propostas por fórmulas, contextos ou fenômenos da natureza. No entanto, devido ao alto custo dos materiais tradicionais utilizados para a realização desse experimento, surgiu a necessidade de desenvolver alternativas mais acessíveis, que são os chamados materiais de baixo custo (Bório, 2022). Neste sentido, os materiais de baixo custo são materiais alternativos que não necessitam de um alto orçamento, como materiais recicláveis, plataforma *Arduino*, tubos de PVC, parafusos e simuladores (Silva e Leal, 2017; Rosa *et al.*, 2016; Teixeira, Muramatsu e Alves, 2017). Contrastando com estes, há os materiais usados em pesquisas científicas que necessitam de um alto investimento como telescópio, microscópio e osciloscópio, levando os professores a buscarem as opções alternativas como soluções didáticas e educacionais que superam essa carência em escolas ou em universidades. Entretanto, isso não deve ser a solução por traz de todo a problema de aulas prática no ensino de Ciência, podendo confundir materiais de baixo custo com sucata ou reutilizáveis, os estudantes merecem utilizar materiais precisos e de qualidade, esse olhar diante desse problema pode causar certo conforto diante da falta de materiais, que não pode ocorrer (Axt; Moreira, 1991).

Evidenciando a supracitada perspectiva sobre os materiais, percebe-se que as aulas de Física experimentais, alinhadas a instrumentos de baixo custo, trazendo participação ativa dos estudantes, expressando suas falas, observações e contribuições, sejam elas internas ou externas. Sendo assim, são indispensáveis que se investiguem os conhecimentos prévios para que se possa mudar a maneira dos estudantes veem o mundo em que vivem (Miranda Filho *et al.*, 2023).

Silva e Leal (2017) corroboram essa perspectiva ao afirmar que a escassez de recursos nas escolas impacta significativamente sobre disciplinas como Física e Química, especialmente no Ensino Médio, por serem áreas do conhecimento que exigem demonstrações práticas. Esse ponto de vista também é reforçado por Giacomelli, Silva e



Rosa (2020, p. 3), ao indicarem que as atividades experimentais no Ensino de Física devem ser orientadas por “[...] reflexões, discussões, elaboração de hipóteses, contextualização do conhecimento [...]”, elementos que se configuram como pressupostos essenciais para uma aprendizagem significativa.

Outros problemas podem ocorrer como “[...] a falta de carga horária suficiente para o professor preparar uma aula experimental, a formação do professor com discrepâncias em relação ao ensino por práticas experimentais, a escola não possuir um técnico de laboratório [...]” (Bório, 2022, p. 21). Os problemas apresentados ocorrem de forma constante em muitas escolas no Brasil, sendo umas das principais razões dos professores atuarem em atividades práticas e experimentais com materiais de baixo custo, amenizando as ausências de investimentos em laboratório ou espaços de estudos práticos ou didáticos (Silva e Leal, 2017; Giacomelli, Silva e Rosa; 2020, Silva *et al.*, 2022; Boff, Bastos e Melquiades, 2017).

Portanto, a utilização de materiais de baixo custo tornou-se uma questão benéfica no Ensino de Física e outras áreas das ciências, pois proporciona melhora na aprendizagem e relaciona a teoria e a prática (Miranda Filho *et al.*, 2023), evidenciando que as experimentações são aportes práticos que melhoram as aulas dos professores de Física, sendo tópicos de muitas pesquisas em áreas de tecnologias, como é o caso do uso do *Arduino*.

A PLATAFORMA *ARDUINO* NO ENSINO DE FÍSICA

Dentre os materiais classificados como de baixo custo, o *Arduino* se destaca por sua versatilidade e capacidade de fornecer dados qualitativos e quantitativos, sendo um *software* específico que permite ao professor explorar diversos conteúdos da Física, como cinemática, dinâmica e ondulatória, promovendo atividades investigativas com os estudantes (Cardoso; Zannin, 2019).

Conforme já mencionado, no que diz respeito a dados quantitativos, afirma-se que as informações mensuráveis possibilitam, por exemplo, a construção de gráficos, podendo o professor analisar com os estudantes de forma comparativa os dados obtidos, com aqueles presentes na literatura especializada, tornando relevante especialmente



quando essas informações são integradas a sequências didáticas nas áreas de ensino (Cardoso; Zannin, 2019).

Leite (2020) compara diferentes estados da matéria como sólido, líquido e gasoso e os tipos de água como água mineral ou da chuva para a obtenção de dados quantitativos, notando-se que o *Arduino* também pode ser utilizado em abordagens qualitativas, contribuindo para a diversidade metodológica das análises científicas no contexto educacional.

Paiva (2021) exemplifica a aplicação do *Arduino* em tópicos de Cinemática, como o estudo de lançamentos de projéteis, possibilitando a análise de dados estatísticos e gráficos. Apesar de não possuir o mesmo rigor técnico em comparação a tecnologias mais sofisticadas e inacessíveis a realidade educacional, o *Arduino* pode ser utilizado para a obtenção de dados precisos, a depender do nível de precisão dos sensores e atuadores que podem ser acoplados no *Arduino* e, além disso, o dispositivo emergente é bem aceito entre os estudantes. No campo da Dinâmica, por exemplo, o *Arduino* pode ser utilizado em experimentos com plano inclinado, auxiliando na coleta de informações sobre espaço e tempo (Silva; Mendes; Rebolças, 2023).

Em Eletricidade, destacam-se estudos que abordam circuitos com resistores em paralelo, podendo usar essas aplicações em atividades de robótica educacional, que estimulam a participação ativa dos estudantes, promovendo a articulação entre teoria e prática, o que favorece uma aprendizagem mais significativa e desperta o interesse científico (Farias Júnior, 2020; Coutinho Júnior, 2021). Nessa perspectiva, considera-se o *Arduino* como interdisciplinar e de fácil acesso. Segundo Castilho, Oliveira e Dutra (2021):

[...] possui uma interface gráfica versátil para aquisição e automação dos dados, facilmente adaptada para controlar diversos experimentos didáticos, já que sua programação é acessível até para pessoas que desconhecem a linguagem de programação. Com poucas modificações no código, o professor pode adaptar as propostas experimentais para atender às necessidades didáticas específicas dos estudantes (Castilho; Oliveira; Dutra, 2021, p. 14).

Quando se fala em programação ou códigos, muitos pesquisadores demonstram certa dificuldade de compreensão, no entanto, a plataforma *Arduino* oferece facilidades significativas, podendo ser utilizada até mesmo por aqueles que nunca tiveram contato



prévio com esse tipo de tecnologia. Nesse contexto, Rocha, Guadagnini e Lucchese (2017) confirmam essa afirmação, ressaltando que a plataforma *Arduino* apresenta uma inovação tecnológica com grande potencial para ser aplicada em aulas de Física, funcionando como uma ferramenta eficaz para demonstrações e observações de fenômenos.

Alinhados a essa perspectiva, estudos como os de Rosa *et al.* (2016) e Cid e Correa (2019) destacam que o uso do *Arduino* estimula o desenvolvimento de habilidades como a criatividade, a curiosidade e o pensamento crítico, competências fundamentais para o ensino de disciplinas como a Física.

Dessa forma, percebe-se que o *Arduino* possui uma ampla gama de aplicações, podendo ser explorado em diversas áreas do conhecimento, destacando-se na Física. Assim, essa plataforma vem se consolidando como uma tecnologia inovadora, capaz de tornar as aulas mais dinâmicas e atrativas para os estudantes, destacando que esse movimento não depende apenas do professor, mas também do apoio das instituições de ensino, que têm a responsabilidade de incentivar e viabilizar práticas pedagógicas mais interativas e tecnológicas.

MATERIAIS ALTERNATIVOS E RECICLÁVEIS NO ENSINO DE FÍSICA

Desde a década de 1980, houve um grande aumento de consumo e desperdício de embalagens que apresentam difíceis decomposições, que começaram a prejudicar o meio ambiente. Nesse período, houve muitas cobranças de ONGs e do governo para amenizar esses problemas e, como solução, começou-se a usar a reciclagem (Fonseca, 2013).

Na ideia deste mesmo autor, percebeu-se que a reciclagem amenizou tais problemas, e gerou até mesmo empregos e movimentação da economia. Assim, pode-se ver o quanto o termo “reciclável” está presente na realidade atual, principalmente em campanhas publicitárias e amplamente abordadas no meio educacional.

Santana (2021), afirma que essas questões estão mudando a forma com que os mercados fazem a distribuição dos seus produtos, mudando totalmente a forma como é visto e como modifica a atitude com consumidor. Com o intuito de conscientização, é mostrado, no decorrer dos anos, que houve um alto quantitativo de campanhas publicitárias para esses fins. Exemplo disso são as políticas ambientais, problematizações



globais e alto consumo, pautas estas que devem e são abordadas em instituições de ensino no Brasil.

No meio educacional, os materiais de baixo custo que vêm sendo utilizados com fins educacionais, por exemplo, são materiais recicláveis e alternativos, como garrafas PET, parafusos, *softwares* de simulação e até mesmo seringas (Monteiro, Camargo Filho e Greszczyszyn, 2017; Oliveira, 2022; Silva *et al.*, 2017; Dorta, Sousa e Muramatsu, 2016), afirmando que esses materiais e muitos outros recursos representam formas criativas e acessíveis de ensinar, mostrando-se eclética e amplamente utilizadas por professores em diferentes regiões do Brasil.

Esses recursos são essenciais para auxiliarem professores de forma didática, aprimorando as ideias e contribuindo para a aprendizagem de Física, em conteúdos complexos como a Acústica (Miranda Filho, Pachêco; Medeiros, 2025). Esse pensamento transparece como um dos fatores que mais influenciam professores a usarem essas tecnologias alternativas nas aulas de Ciências tanto pelo baixo custo dos materiais que podem chegar ao custo zero quanto ao fato de que o Ensino de Física não se diferencia desta realidade, pois alguns experimentos podem ser feitos e acompanhados de muitas discussões e observações.

A garrafa PET é um dos produtos mais utilizados no mundo, sendo matéria-prima de diversos itens. Seu alto consumo tem resultado em um aumento significativo na produção de descartáveis. Diante desse cenário, muitos professores têm enxergado na reciclagem dessas garrafas uma oportunidade pedagógica, especialmente para o desenvolvimento de oficinas de Ciências com os estudantes. Em vez de simplesmente descartarem o material, os estudantes passam a reutilizá-los em projetos como hortas escolares, jogos educativos e até mesmo na realização de experimentos científicos.

Essa abordagem ecológica educacional permite a utilização de materiais recicláveis como ferramentas que promovem a qualidade do ensino, sobretudo no campo da Física. Ao incorporar esses recursos às atividades pedagógicas, os professores contribuem para o desenvolvimento de uma consciência ambiental, ao mesmo tempo em que estimulam o pensamento crítico e científico, tornando os estudantes protagonistas do próprio processo de aprendizagem (Teixeira, Muramatsu e Alves, 2017).



Os materiais alternativos, como o próprio nome indica, são utilizados para suprir a ausência de recursos tradicionais em experimentos ou atividades didáticas. Os recicláveis fazem parte desse grupo, mas há também outros itens de baixo custo que se encaixam nessa proposta, como controles remotos, ponteiros laser e lâmpadas, justamente por não exigirem grandes investimentos financeiros.

Vale destacar que os objetivos pedagógicos ao serem utilizados como materiais alternativos variam entre os professores, ou seja, alguns os utilizam como forma de incluir estudantes com deficiências e outros como estratégias para superar dificuldades de aprendizagem (Monteiro Filho; Greszczyszyn, 2017). Em todos os casos, essas iniciativas são válidas e relevantes, pois contribuem para a melhoria da qualidade do ensino e para a formação de novas gerações de cidadãos mais conscientes e familiarizados com as ciências.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção da pesquisa, utilizou-se o estado do conhecimento do tipo sistemático, que apresenta característica de busca de artigos científicos para responder um determinado problema, seja em periódicos, teses ou dissertações específicas, destacando que o estado do conhecimento possui características sistemáticas que permitem uma análise crítica e a construção do conhecimento sobre o tema (Silva; Souza, 2020).

Complementando essa ideia, Morosini e Fernandes (2014, p. 155) destacam que o estado do conhecimento “[...] é identificação, registro, categorização que levem à reflexão e síntese sobre a produção científica de uma determinada área, em um determinado espaço de tempo, congregando periódicos, teses, dissertações e livros sobre uma temática específica”. Essa identificação e registro fazem parte do processo de pesquisa, exigindo do pesquisador atenção tanto ao processo quanto à escolha dos periódicos.

Esse tipo de pesquisa também possibilita a organização dos dados e a definição do objetivo geral, permitindo explorar e relacionar cada ideia experimental. Já Cock *et al.* (2022) ressaltam que o estado do conhecimento vai além, pois exige que o pesquisador categorize, mapeie e analise minuciosamente cada produção para alcançar seus objetivos.



Para análise dos dados, houve a utilização de abordagem qualitativa, especialmente por conta do “[...] desenvolvimento de conceitos a partir de fatos, ideias ou opiniões, e do entendimento indutivo e interpretativo que se atribui aos dados descobertos, associados ao problema de pesquisa” (Soares, 2020, p. 169). Dessa forma, os artigos foram organizados quanto a suas principais características e abordagens didáticas, além de uma síntese de cada uma delas.

Como fonte de dados, utilizou-se o Portal de Periódicos da CAPES e Scielo, que reúnem artigos científicos de diversas áreas publicados em periódicos acadêmicos. Escolheu-se esta plataforma por apresentar artigos científicos relevantes, de fácil acesso e de boa qualidade, além de estar vinculada ao governo, obtendo uma maior segurança nas informações procuradas.

Inicialmente, realizou-se a busca no Portal de Periódicos da CAPES (PPC) e Scielo com a combinação de palavra-chave que resultou na frase "Materiais de baixo custo no Ensino de Física no Ensino Médio". A primeira busca foi no PPC, resultando em 54 artigos, já a segunda foi no Scielo, resultando em 4 artigos. Em seguida, fez-se a leitura dos títulos e resumos e aplicaram-se critérios de inclusão e exclusão. Como critérios de inclusão foram considerados apenas estudos que abordam o uso de materiais de baixo custo no Ensino Médio, trabalhos de autoria nacional, trabalhos publicados entre 2016 a 2025, artigos de acesso aberto, trabalhos pertencentes a revistas classificadas como Qualis A na avaliação CAPES 2017-2020. Por outro lado, foram excluídos artigos das áreas de Ciências Sociais e Ciências da Saúde, estudos do tipo bibliográficos e trabalhos que não visavam à aplicação no Ensino Médio. Em um primeiro filtro, aplicaram-se os critérios relacionados à autoria nacional, acesso aberto e período de publicação, reduzindo o número para 30 artigos. Em seguida, verificou-se individualmente o Qualis das revistas por meio da plataforma Sucupira, selecionando apenas aquelas classificadas como Qualis A, o que resultou em 15 artigos científicos do PPC e 1 da Scielo (pelas repetições encontradas), totalizando 17 trabalhos.

O diagrama nos mostra os passos seguidos para a realização desta pesquisa, aplicando os critérios e a realização da leitura. Assim, a escolha de revistas Qualis A deu-se pelo rigoroso processo e aceite das revistas, trazendo informações concretas e relevantes para este trabalho.



Fonte: O próprio autor (2025)

Entre as palavras-chave percebeu-se o protagonismo das palavras “ensino de Física”, “ensino médio”, “experimentação e atividades experimentais”, “baixo custo”, “materiais recicláveis” e “Arduino”. Os autores escolheram como palavra-chave que evidenciam os conteúdos de Física do ensino médio, como “Óptica”, “Mecânica”, “Física térmica”, “eletromagnetismo” e “Física Moderna”.

Muitas vezes, pela falta de tempo, o professor acaba não fazendo esses tipos de atividades em sala de aula, principalmente as montagens experimentais (Silva, 2016). Com isto, observa-se a importância de desenvolver propostas de qualidade no Ensino de Física. Isso pode ajudar no dia a dia do docente. Por isso, percebe-se uma preocupação dos autores em destacar, já nos títulos, a essência das atividades desenvolvidas, o que é fundamental para orientar o leitor quanto ao escopo de cada estudo.

A evolução tecnológica global, essas inovações estão cada vez mais presentes na vida das pessoas, tornando essencial que os pesquisadores explorem esses temas em pesquisas educacionais e os alinhem aos direitos dos estudantes. Esse olhar evidencia que, ao longo dos anos, as tecnologias incorporam novas culturas e conhecimentos, aspectos que devem ser continuamente investigados e aprimorados (Oliveira, 2018).

Carvalho e Sasseron (2018) falam que há muito desafios a serem vencidos no Ensino de Física quando nos referimos a experimentos educacionais através da investigação desses problemas e que se encaminha em direção ao sucesso. Por isso, cada instituição deve influenciar seus estudantes a terem um olhar cuidadoso nos estágios e pesquisas de campo, para que assim possa-se alinhar a conhecimentos teóricos e práticos e amenizar a falta de trabalhos de boa qualidade sobre esse tema.

Dessa forma, através de análise dessas palavras-chave foram separados em três categorias, que são o uso do Arduino, o uso de materiais alternativos e recicláveis e experimentação didática e contextualizada.

O USO DO ARDUÍNO



A partir deste tópico, discutem-se as contribuições teóricas e didáticas elaboradas pelos autores em suas obras, nas quais se verifica uma infinidade de assuntos da Física, como eletromagnetismo, óptica e ondulatória. Primeiramente, mostram-se os trabalhos que especificaram em suas palavras-chave a utilização do *Arduino*; depois, os que fazem a utilização de materiais alternativos e, por fim, os que não especificaram em seus títulos e palavras-chave seus materiais, mas que, ao longo do texto, deixam claro todos os passos realizados para chegarem aos resultados.

Neste aspecto, o uso de tecnologias reflete tópicos da atualidade no Ensino de Física, como evidenciado por Rocha, Guadagnini e Lucchese (2017), na obra intitulada “Projeto de um calorímetro de relaxação para Ensino de Física”. Os autores destacam a importância da experimentação no Ensino de Física, especialmente no estudo de calorimetria, ressaltando que os materiais disponíveis para abordar essas teorias costumam ter custos elevados e, por isso, propuseram um experimento acessível, que pode ser utilizado tanto em laboratórios quanto em demonstrações em sala de aula. O experimento consiste na construção de um calorímetro utilizando isopor térmico conectado a um sistema *Arduino*. Com essa abordagem, os estudantes mediram os dados como temperatura (em °C) e tempo (s), analisando os resultados por meio da média e do desvio padrão.

Ao usar essa plataforma, Cardoso e Zannin (2019) mostram em sua obra, cujo título é “Aula Experimental de Física, um foco na aprendizagem de competências e habilidades previstas na matriz de referência curricular do ENEM”. Neste trabalho, afirmam que a utilização desta tecnologia tem se tornado algo comum no ensino da Física, tratando-se de um instrumento de baixo custo que permite ao professor a liberdade de demonstrar os dados científicos, em sala de aula, com mais precisão. Assim, o experimento tinha o intuito de mostrar o estudo e relação da pressão com o volume, usando tubos de PVC, plataforma *Arduino* e chapa de MDF, forçando a chapa com uma pequena pressão, podendo colher os dados e discuti-los através de gráficos.

Já Silva *et al.* (2017), em seu trabalho “Construção de um interferômetro de Michelson-Morley com materiais de baixo custo”, propõem uma reflexão sobre o Ensino de Física, destacando a importância da experimentação, ainda que esta seja pouco utilizada em sala de aula devido a obstáculos que, muitas vezes, ultrapassam o alcance



dos docentes. Nesse contexto, fica evidente que atividades investigativas podem proporcionar contribuições significativas para a aprendizagem. Neste caso, o experimento desenvolvido utiliza materiais de baixo custo, como tubos de PVC, *Arduino*, um pequeno pedaço de vidro e uma chapa de madeira.

Outro trabalho que utiliza esta plataforma é o de Rosa *et al.* (2016), intitulado “Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e *Arduino*”, em que destacam a importância de relacionar os conteúdos de Física ao cotidiano, utilizando elementos como garrafas térmicas, blusas e termômetros, que são facilmente reconhecidos pelas pessoas. O estudo propõe uma comparação entre a medição de temperatura com e sem o uso do *Arduino*. A montagem do experimento envolveu barras de metal e estruturas para realizar as medições. No primeiro caso, utilizou-se um termômetro convencional, enquanto no segundo, empregou-se a plataforma *Arduino*. Os gráficos resultantes apresentaram padrões semelhantes ao longo do tempo, evidenciando a eficácia dos sensores de temperatura.

Similarmente, Cid e Correa (2019), em sua obra “Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando *Arduino* e sensor de pressão”, mostram que é possível desenvolver atividades didáticas experimentais para o ensino de Mecânica dos Fluidos. Para isso, utilizaram como base o tubo de Venturi, construído com materiais de baixo custo. Assim, o experimento proposto consiste em uma montagem utilizando tubos de PVC, *Arduino* e sensores de pressão, possibilitando a análise gráfica dos fluxos de ar gerados.

Os trabalhos mostram grandes contribuições ao Ensino de Física, por suas atividades inovadoras que podem ser reproduzidas por qualquer professor, tanto no Ensino Médio, quanto no ensino superior. Assim, Rocha, Guadagnini e Lucchese (2017) viram a atividade experimental de baixo custo como forma de proporção na investigação e aprofundamento dos fenômenos físicos, pois, ao visualizarem os gráficos, os estudantes puderam relacionar o comportamento da temperatura ao longo do tempo, isto em diferentes materiais, como ferro, latão e chumbo (Rocha; Guadagnini; Lucchese, 2017).

Já Cardoso e Zannin (2019) mostram que o *Arduino* já está presente em muitos trabalhos acadêmicos, destacando-se pelos seus diferentes tipos de sensores que abordam dados qualitativos e quantitativos. Isso se evidencia em falas como as de Rosa *et al*



(2017), os quais sugerem aprimoramentos dessas atividades experimentais, destacando seu potencial para o Ensino Médio, principalmente por se tratar de um experimento de baixo custo. Em termos de precificação, ambos os métodos possuem gastos equivalentes, tornando a abordagem acessível para a aplicação em sala de aula.

Além disso, Cid e Correa (2019) nos dizem que, além do Ensino Médio, o *Arduino* tem potencial para ser usado no ensino superior, fazendo a relação da teoria com a realidade. Os resultados do estudo destacam a criação de experimentos qualitativos e quantitativos, como a construção de um trilho de ar e trilhos ópticos utilizando tubos e conexões de PVC. Além disso, a pesquisa alcançou aproximadamente 1.000 estudantes, evidenciando o impacto positivo da abordagem experimental no Ensino de Física.

Castilho, Oliveira e Dutra (2021) mostram que a plataforma *Arduino* é de fácil acesso, tendo como premissa um conhecimento mínimo de programação, mas que não se torna uma dificuldade. Já Silva *et al.*, (2022) complementam que as atividades experimentais de baixo custo, usando o *Arduino*, tornam as aulas mais dinâmicas e proporcionam uma visualização imediata dos fenômenos físicos. Neste mesmo contexto, Giacomelli, Silva e Rosa (2020) nos mostram que os experimentos de baixo custo agem como transformador, reforçando as aulas tradicionais, incluindo a realidade do aluno fora da sala de aula.

O USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS E RECICLÁVEIS

Ao longo das análises, deparou-se com trabalhos que usavam materiais alternativos, como ímã, bobina, materiais recicláveis e artesanais, dentre outros. Exemplo disso está na obra de Silva e Leal (2017), intitulada "Proposta de laboratório de Física de baixo custo para escolas da rede pública de Ensino Médio". O estudo discute as dificuldades enfrentadas no Ensino de Física, frequentemente associadas à baixa qualidade do ensino, muitas vezes resultante da ausência de novas tecnologias e da falta de aulas práticas e experimentais. Com o objetivo de melhorar a qualidade do Ensino de Física, os autores desenvolveram atividades abrangendo diversos conteúdos, como Termologia, Óptica, Mecânica (Estática e Dinâmica), Hidrostática, Eletricidade, Magnetismo e Física Moderna. Para isso, utilizaram materiais de baixo custo, como tubos de PVC, garrafas PET, fios, parafusos, régua, dinamômetros, apontadores e lasers.



Já no estudo de Silva *et al.* (2022), intitulado “Propostas de Ensino da Aceleração da Gravidade por meio da Determinação Experimental do Pêndulo Simples”, os autores contextualizam e problematizam o Ensino de Física, sublinhando a importância das aulas práticas. Um dos desafios apontados é o alto custo dos equipamentos essenciais para o ensino da disciplina. Diante disso, os pesquisadores exploram a possibilidade de utilizar experimentos de baixo custo para explorar o conceito de pêndulo simples, tanto com materiais físicos quanto por meio de simulações. A metodologia adotada baseia-se em um relato de experiência, onde toda a criação de desenvolvimento foi feita em laboratório no ensino superior, porém, com objetivos didáticos voltados aos estudantes do Ensino Médio. Assim, entre os materiais utilizados, destacam-se: chumbada (adquirida em loja de artigos para pesca) ou bola de borracha, linha de nylon, trena ou régua graduada, cronômetro ou relógio com marcação de segundos, garrafa PET de 2L preenchida com água ou areia e arame rígido de 30 cm.

Da mesma forma, Giacomelli, Silva e Rosa (2020) mostram, em seu trabalho "Construção de um pêndulo com ímã e bobina destinado ao ensino do eletromagnetismo", o ensino baseado na formulação de hipóteses e na investigação, o que pode melhorar significativamente a aprendizagem da Física. Eles enfatizam que a experimentação é essencial para conectar teoria e prática, proporcionando uma compreensão mais aprofundada dos conceitos científicos. Além disso, os autores sugerem a utilização dessas atividades como forma de inovar e romper com os padrões tradicionais das aulas. O experimento desenvolvido consiste em um pêndulo construído com materiais de baixo custo, como ímãs, ganchos de metal, LEDs e tubos de PVC. A proposta envolve três experimentos distintos: um demonstra a força eletromotriz, outro ilustra o funcionamento da Lei de Lenz, e o terceiro reforça a compreensão desses conceitos.

Sobre estes trabalhos sintetizados, Silva e Leal (2017) defendem e sugerem que o desenvolvimento contínuo dessas atividades pode ser fortalecido por meio do apoio de instituições de fomento, garantindo sua ampliação e consolidação no ambiente escolar. Em adição, consideram-se essas atividades como ecléticas, podendo ser usados em diferentes obras. As falas complementares, como as de Paiva (2021) e Silva, Mendes e Rebolças (2023), mostram a eficácia desses materiais em trabalhos envolvendo cinemática e ondulatória.



EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA E CONTEXTUALIZADA

Nesta parte do texto, procurou-se evidenciar alguns trabalhos que não especificaram suas atividades de acordo com os títulos e palavras-chaves, como Monteiro, Camargo Filho e Greszczyszyn (2017), Boff, Bastos e Melquiades (2017), Slovinski, Luciano e Alves-Brito (2021), Oliveira, Gobara e Carvalho (2022), Dorta, Sousa e Muramatsu (2016) e Souza *et al.* (2018), nos quais, após a leitura completa de seus relatos, constata-se claramente a utilização de materiais alternativos e de baixo custo.

Assim, Monteiro, Camargo Filho e Greszczyszyn (2017), na obra intitulada "Atividade experimental como recurso para interação de alunos com transtornos específicos de aprendizagem em Física Moderna e Contemporânea", apresentam atividades didáticas e metodológicas que utilizam a experimentação para auxiliar estudantes com dislexia. Segundo os autores, esse transtorno pode causar dificuldades na leitura e na escrita, além de prejudicar a concentração. Assim, o projeto foi aplicado em turmas do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio em uma escola do estado do Paraná, adotando uma metodologia de abordagem experimental, sobre o efeito fotoelétrico, enfatizando a dualidade onda-partícula. Os procedimentos foram desenvolvidos ao longo de três aulas de 45 minutos, organizando-as em sete momentos distintos. Para isso, foram empregadas diferentes estratégias pedagógicas, incluindo produção escrita, gravação em vídeo, observação e entrevistas. O experimento realizado consistiu em uma montagem utilizando materiais de baixo custo, facilmente encontrados em lojas de construção, como LEDs e baterias.

Pellegrini e Alves (2020) em seu artigo “Uma metodologia de custo zero para medida de atrito de rolamento em VANTs”, mostra opção viável para o ensino médio e superior, considerando a falta de atividades que se fazem sobre o atrito, assim, o experimento em questão é de custo zero e visou analisar o pouso do VANT. Já Boff, Bastos e Melquiades (2017) mostram, na obra intitulada “Práticas experimentais no Ensino de Física nuclear utilizando material de baixo custo”, o uso de materiais acessíveis para ensinar conceitos sobre radiação, demonstrando isso por meio de um experimento em que uma sala foi mantida fechada por 24 horas. A coleta de partículas foi realizada com um secador, permitindo a identificação dos filhos do Radônio-222, cuja meia-vida é



de aproximadamente três minutos. Dessa forma, os estudantes foram instruídos a medir rapidamente a radiação, comprovando sua presença no ambiente analisado.

Outro trabalho analisado foi o de Slovinski, Luciano e Alves-Brito (2021), cujo título é “O experimento da borracha quântica: discutindo o quântico pelo clássico em sala de aula”, em que demonstram que não é necessário um laboratório para realizar experimentos com os alunos. Dessa forma, o professor pode recorrer a diferentes metodologias didáticas para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea. A atividade apresentada utiliza materiais de baixo custo, como laser, filtro e identificador de caminho. O experimento proporciona resultados impressionantes aos participantes: a luz emitida pelo laser atravessa o filtro e chega ao destino, permitindo que os estudantes analisem os resultados. A experiência evidencia conceitos da Física Clássica e sua relação com a Física Quântica, especialmente o comportamento dos fótons, cuja observação individual não foi possível.

Oliveira, Gobara e Carvalho (2022), na obra "Aula Experimental de Física: um foco na aprendizagem de competências e habilidades previstas na matriz de referência curricular do ENEM", apresentam a experimentação como uma estratégia para superar obstáculos e aprofundar o aprendizado em Física. Segundo os autores, essa abordagem pode ser realizada de forma individual, coletiva ou observacional, dependendo dos objetivos do professor ao transmitir o conteúdo. O estudo propõe atividades experimentais alinhadas às diretrizes e competências exigidas pelo ENEM, incluindo a construção de um circuito elétrico simples utilizando materiais de baixo custo, como lâmpadas, interruptores e fios de cobre.

O trabalho intitulado “Um modelo de usina hidrelétrica como ferramenta no Ensino de Física”, escrito por Teixeira, Muramatsu e Alves (2017), apresenta uma abordagem que estimula o pensamento crítico dos estudantes, alinhando-se às diretrizes exigidas por exames de ensino superior, como o ENEM. Nesse contexto, conhecer diferentes tipos de usinas hidrelétricas permite que os estudantes compreendam melhor a realidade em que estão inseridos, desenvolvendo uma visão mais crítica sobre o uso e a produção de energia. A atividade proposta consiste em um experimento que utiliza garrafas PET, tubos e uma bomba de gás para demonstrar o funcionamento da geração de



energia hidrelétrica. A montagem do experimento, apesar de trabalhosa, proporciona uma visualização clara dos fenômenos envolvidos, facilitando a compreensão do conteúdo.

Dorta, Sousa e Muramatsu (2016), no estudo intitulado “O projetor de gotas e suas diversas abordagens interdisciplinares no Ensino de Física”, exploram a luz como um dos conteúdos abordados no 2º ano do Ensino Médio. Muitos fenômenos ópticos possuem caráter interdisciplinar, sendo aplicáveis também a áreas como Biologia e Química. O estudo apresenta um experimento desenvolvido pela USP para escolas de Ensino Médio e Fundamental em diversas instituições do Estado de São Paulo.

O experimento, de grande interesse didático, utiliza um laser e uma seringa com água para ampliar a visualização de microrganismos. Quando o feixe de laser atravessa a seringa, o reflexo projetado permite observar o movimento desses organismos, ilustrando conceitos relacionados ao calor e à óptica. Os autores destacam a importância do laboratório no Ensino de Física, evidenciando que o projetor de gotas torna as aulas mais dinâmicas e envolventes. Além disso, o experimento proposto se apresenta como uma alternativa de baixo custo ao microscópio em atividades práticas, contribuindo para a democratização do ensino experimental.

Souza *et al.* (2018), no estudo intitulado “A Física aplicada ao corpo humano: uma intervenção interdisciplinar no Ensino Médio”, destacam a importância da aprendizagem, ressaltando a comunicação como aspecto fundamental. Segundo os autores, a capacidade de expressão e compreensão das propostas apresentadas pelo tutor é essencial para o processo educativo. A metodologia adotada no estudo seguiu etapas como aulas teóricas, construção e discussão de experimentos, além da exibição de um filme sobre os fenômenos abordados. O experimento desenvolvido consiste em uma simulação do olho humano, utilizando materiais como isopor, papel vegetal, lupa e lâmpada.

Nestes trabalhos, veem-se alguns pontos centrais, como a versatilidade de cada um deles. Monteiro, Camargo Filho e Greszczyszyn (2017) mostram que simples atividades do cotidiano podem ser evidenciadas em sala de aula, neste caso, em Física Moderna, que já é um assunto pouco explorado nas escolas. Já Boff, Bastos e Melquiades (2017) destacam a importância de uma abordagem qualitativa para a demonstração dos resultados, considerando que os estudantes possuem ritmos de aprendizagem distintos no Ensino Médio.



Seguindo esta mesma linha, Oliveira, Gobara e Carvalho (2022) veem a experimentação como um ponto de partida essencial, relacionando os conceitos físicos ao cotidiano dos estudantes e às demandas do mercado de trabalho. Além disso, os experimentos também promovem reflexões sobre a sustentabilidade e energia, contribuindo para a formação contínua dos estudantes e incentivando soluções acessíveis para famílias que necessitam de fontes energéticas alternativas (Teixeira; Muramatsu; Alves, 2017). Dessa forma, nota-se que a utilização de materiais de baixo custo também é interdisciplinar e contextualizada, pois promove uma compreensão ampla dos conteúdos, mas com enfoque em outros assuntos como olho humano, educação ambiental e sustentabilidade (Souza *et al*, 2018). Por este lado, percebe-se a ênfase que essas práticas didáticas no Ensino de Física dão para a interdisciplinaridade, interligando-se ao cotidiano e ao contexto em que os estudantes estão inseridos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação às contribuições práticas, observou-se que os 16 trabalhos analisados apresentam potencial de reaplicação em sala de aula por professores, destacando-se o uso do *Arduino* e a relevância das tecnologias no contexto educacional. Além disso, constatou-se o uso de recursos alternativos, como materiais recicláveis, garrafas PET e tubos de PVC, reforçando a criatividade e a acessibilidade nas propostas pedagógicas.

Sobre as discussões teóricas, estas estão presentes nos artigos junto com a preocupação dos autores em evidenciar a relevância das práticas experimentais no Ensino de Física, especialmente no Ensino Médio, onde tais abordagens demonstraram eficácia.

Complementando estas ideias, notou-se uma diversidade significativa de conteúdos abordados, como ondulatória, eletromagnetismo e Física moderna, os quais são frequentemente relacionados a atividades práticas, promovendo um aprendizado mais significativo. Além disso, os materiais de baixo custo revelaram-se interdisciplinares, ao dialogarem com as áreas como Matemática, corpo humano e Educação Ambiental, ampliando o alcance das propostas didáticas.

Um aspecto de destaque nos textos é o enfoque no ensino inclusivo, demonstrando a preocupação dos autores com a aprendizagem de todos os estudantes, incluindo aqueles que demandam atenção especializada, apresentando uma proposta voltada a estudantes



com dislexia e evidenciando resultados positivos nos processos de ensino e de aprendizagem.

De modo geral, os trabalhos publicados nos últimos 10 anos em revistas Qualis A se sobressaem não apenas para o aprimoramento das práticas e da teoria em sala de aula, mas também para a formação docente, evidenciado que as experiências relatadas podem inspirar outros educadores a desenvolverem suas próprias propostas didáticas, contribuindo assim para o fortalecimento do Ensino de Física.

Portanto, os materiais de baixo custo representam uma alternativa viável e inovadora para os professores, permitindo a criação de aulas mais atrativas e reflexivas, mesmo com recursos limitados. Pensando nisto, viu-se que as atividades descritas nos trabalhos analisados despertam o interesse dos estudantes e incentivam a construção de um pensamento mais científico e crítico, fortalecendo o papel da Física como componente primordial da formação cidadã.

5 AGRADECIMENTO

Agradecemos à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, e ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Humanidades (PPGECH), que proporcionaram a devida orientação para criação deste trabalho, bem como a concessão de bolsa CAPES de mestrado ao primeiro autor.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, J. de P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 17, n. 2, 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9006>. Acesso em: 5 jun. 2025.

AXT, R.; MOREIRA, M. A.. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de ensino de física**. Vol. 13 (dez. 1991), p. 97-103, 1991. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/116657>. Acesso em 05 de nov. de 2025.



BOFF, C. A.; BASTOS, R. O.; MELQUIADES, F. L. Práticas experimentais no Ensino de Física nuclear utilizando material de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 34, n. 1, 2017. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p236>.

Acesso em: 23 mar. 2025.

BÓRIO, André. **Os materiais de baixo custo em práticas experimentais da educação básica**: delineamentos da produção acadêmica no Ensino de Física. 2022. 137f.

Dissertação (Mestrado em Educação)- Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, 2022. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/6110>. Acesso em 10 de abr. de 2025.

CARDOSO, J. M.; ZANNIN, M. Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com *Arduino*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0028>.

CARVALHO, A. M. P. D.; SASSERON, L. H. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, set. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0004>.

CASTILHO, W. S.; OLIVEIRA, D. L.; DUTRA, M. V. G. O Ensino de Física aliado a recursos educacionais digitais (red): As contribuições da plataforma *Arduino* disponível em sala de aula. **Revista Observatório**, [S. l.], v. 7, n. 2, 2021. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/11237>. Acesso em: 11 abr. 2025.

CID, A. S.; CORREA, T. Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando *Arduino* e sensor de pressão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0333>.

COCK, J. C. A. D. N. *et al.* Pesquisas sobre implementação de políticas educacionais no brasil: um estado do conhecimento. **Educação em Revista**, v. 38, p. e26769, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1590/0102-4698368526769>.

COUTINHO JÚNIOR, A. de L. .; MONTEIRO, J. A.; COSTA, D. F. da .; SALES, G. L. An experimental proposal for electricity using the Arduino prototyping board for teaching physics. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 2, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12302>. Acesso em: 10 apr. 2025.



DORTA, M. P.; SOUSA, E. C. P. de ; MURAMATSU, M.. O projetor de gotas e suas diversas abordagens interdisciplinares no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 4, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0103>.

FARIAS JÚNIOR, J. F. da V. **O estudo das ondas utilizando a Plataforma Arduino como facilitadora do Processo de ensino e aprendizagem por meio de UEPS**. 2020. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Física, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal de Belém), Pará, Belém. 2020. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoarquivo/polo-37-dissertacao-jose.pdf>. Acesso em: 10 de abr. de 2025.

FONSECA, L. H. F. Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXIII, Nº. 36, v.1, 2013. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/reciclagem-o-primeiro-passo-para-preservacao-ambiental>. Acesso em: 11 de abril de 2025.

GIACOMELLI, A. C.; SILVA, C. J. S. da; ROSA, C. T. W. da. Construção de um pêndulo com ímã e bobina destinado ao ensino do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 37, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n2p909>. Acesso em: 23 mar. 2025.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. no 1999, n. 10, 1999. Tradução . Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/iienpec/Dados/trabalhos/B123.pdf>. Acesso em 12 de abr. de 2025. Acesso em: 12 abr. 2025.

LEITE, Maria Yasmim Fernandes. **Plataforma de monitoramento da qualidade da água utilizando sistemas embarcados**. Trabalho de conclusão de curso (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO). 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/8317>. Acesso em 11 de abr. de 2025.

MIRANDA FILHO, A. M.; PACHÊCO , V. B. .; MEDEIROS , E. DE MACEDO. Práticas didáticas no Ensino de Física: Um estado do conhecimento relacionado aos conteúdos de acústica no Ensino Médio e superior público. **Revista Exitus**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2025. Doi: <https://doi.org/10.24065/re.v15i1.2704>.



MONTEIRO, E. L.; CAMARGO FILHO, P. S. C.; GRESCZYSCZYN, M. C. C. Atividade experimental como recurso para interação de alunos com transtornos específicos de aprendizagem em Física Moderna e Contemporânea. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, 2017. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5715> . Acesso em: 23 de mar. de 2025.

MOREIRA, M. A.. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>.

MOROSINI, M. C.; FERNANDES, C. M. B.. Estado do Conhecimento: conceitos, finalidades e interlocuções. **Educação Por Escrito**, [S. l.], v. 5, n. 2, 2014. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/poescrito/article/view/18875>. Acesso em: 24 mar. 2025.

OLIVEIRA, J. de P.; GOBARA, S. T.; CARVALHO, F. P. T. de. Aula Experimental de Física: um foco na aprendizagem de competências e habilidades previstas na matriz de referência curricular do ENEM. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 109–132, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/75627>. Acesso em: 23 mar. 2025.

OLIVEIRA, M. P. de. Políticas públicas em tecnologias educacionais para a Educação Básica. **Revista Brasileira de Tecnologias Sociais**, v. 5, n. 2, 2018.

PAIVA, A. S. **Telemetria com o uso de Arduino em lançamento de foguetes no ensino médio**: uma metodologia alternativa para ensinar cinemática no lançamento oblíquo de foguetes de garrafa PET. 2021. 185. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/3522>. Acesso em: 10 de abr. de 2025.

PELLEGRINI, C. C.; ALVES, V. R.. Uma metodologia de custo zero para medida de atrito de rolamento em VANTs. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20190321, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0321>.

ROCHA, F. S. da; GUADAGNINI, P. H.; LUCCHESI, M. M. Projeto de um calorímetro de relaxação para Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 34, n. 1, 2017.. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p278>. Acesso em: 23 mar. 2025.



ROSA, C. T. W. da; ROSA, Á. B. da; TRENTIN, M. A.; GIACOMELLI, A. C.
Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e *Arduino*. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 33, n. 1, 2016. Disponível em:
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n1p292>.
Acesso em: 23 mar. 2025.

SANTANA, I. A. **Marketing Verde e a Sustentabilidade: Reciclagem e Substituição de Embalagens Plásticas**. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 06, Ed. 04, Vol. 15, Abril de 2021. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/marketing/reciclagem-e-substituicao>. Acesso em 24 de mar. de 2025.

SILVA, A. P. P. N. da; SOUZA, R. T. de; VASCONCELLOS, V. M. R. de. O Estado da Arte ou o Estado do Conhecimento. **Educação**. Porto Alegre, v. 43, n. 3, e37452, set. 2020. Disponível em
http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-25822020000300005&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 24 mar. 2025.

SILVA, C. C. E; GIACOMELLI, A. C.; PÉREZ, C. A. S.; SILVA, B. L. Construção de um interferômetro de Michelson-Morley com materiais de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, 2017. Doi:
<http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v10n1.5691> .

SILVA, C. E. da; MACHADO, A. F.; MIZRAHI, S. E. ; RAZUCK, F. B. Propostas de Ensino da Aceleração da Gravidade por meio da Determinação Experimental do Pêndulo Simples. **Revista Insignare Scientia - RIS**, Brasil, v. 5, n. 3, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12515>. Acesso em: 23 mar. 2025.

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. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>.

SILVA, J. DA Costa e .; MENDES, G. A.; REBOLÇAS, G. DE O. G.. Momento de inércia em plano inclinado com uso de *Arduino*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0333>.



SILVA, V. G. da. **A importância da experimentação no ensino de Química e Ciências**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (licenciatura - Química) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/5ae3d3B3-4e3f-42c6-8e91-1B6932fb42d5/content>. Acesso em: 24 de mar. de 2025.

SLOVINSCKI, L.; ALVES-BRITO, A. O experimento da borracha quântica: discutindo o quântico pelo clássico em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 38, n. 2, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/76484>. Acesso em: 23 mar. 2025.

SOARES, S. de J. Pesquisa científica: uma abordagem sobre o método qualitativo. **Revista Ciranda**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1–13, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/ciranda/article/view/314> . Acesso em: 24 mar. 2025.

SOUSA, F. L. de; GONÇALVES, G. E.; ELIAS, J. M.; PINTO, E. S. A Física aplicada ao corpo humano: uma intervenção interdisciplinar no Ensino Médio. **Revista Dynamis**, [S. l.], v. 24, n. 2, 2018. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/dynamis/article/view/6524>. Acesso em: 23 mar. 2025.

TEIXEIRA, J. N.; MURAMATSU, M.; ALVES, L. A. Um modelo de usina hidrelétrica como ferramenta no Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 34, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p248>. Acesso em: 23 mar. 2025.

WESENDONK, F. S.; TERRAZZAN, E. A.. Aspectos característicos da utilização de experimentos por professores de Física do Ensino Médio de um município de São Paulo. **Gôndola, Ensino e Aprendizagem de Ciências**, [S. l.], v. 16, n. 1, 2021. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/16076>. Acesso em: 23 de março 2025.