



USO DE TECNOLOGIA EMBARCADA COM BAIXO CUSTO APLICADA AO ENSINO DA FÍSICA

Raíssa Faria Ferreira ¹; Guilherme César de Oliveira ²; Fabrício Daniel Freitas ³;

1 Raíssa Faria Ferreira, Ciência da Computação, IFMG Campus Formiga, Formiga- MG; fariaferreiraraissa@gmail.com

2 Guilherme César de Oliveira, Engenharia Elétrica, Bolsista (IFMG) - IFMG Campus Formiga, Formiga - MG; gui.cesar1326@gmail.com

3 Fabrício Daniel Freitas: Pesquisador Voluntário do IFMG, Campus Formiga; fabricao.freitas@ifmg.edu.br

RESUMO

Este relatório documenta o desenvolvimento de kits didáticos de baixo custo para o ensino de física experimental, utilizando tecnologias de hardware e software livres, como *Arduino*® e *Processing*, em conjunto com técnicas de fabricação digital, como impressão 3D e corte a laser de madeira. A proposta visa atender à demanda por soluções pedagógicas acessíveis, beneficiando escolas com recursos limitados e estudantes com dificuldades de aprendizado, consequentemente democratizando o acesso a experimentos de física de qualidade. Os kits permitem a realização de experimentos clássicos de mecânica, como pêndulo simples e plano inclinado, e oferecem uma interface gráfica interativa para aquisição e visualização de dados em tempo real. Essa interface permite que os estudantes realizem experimentos e compreendam os conceitos de física de forma prática e visual, facilitando o aprendizado. A modularidade do sistema possibilita a adaptação e expansão para outros experimentos, como queda livre, lançamento vertical e plano inclinado com atrito, ampliando o leque de conteúdos abordados. O uso do *Arduino*® como plataforma central se destaca por sua versatilidade e baixo custo, enquanto a fabricação digital torna a produção de componentes rápidos e acessíveis. Além disso, os kits são projetados para serem facilmente montados, com poucos componentes, o que reduz ainda mais os custos, facilita o uso em ambientes com infraestrutura limitada e permite os próprios estudantes realizarem a montagem. Os resultados obtidos durante os testes demonstram a viabilidade técnica da solução proposta, bem como seu impacto positivo no processo de aprendizagem. Observou-se uma significativa redução de custos em comparação com kits comerciais semelhantes, permitindo que mais escolas, especialmente as públicas e com orçamento restrito, possam utilizar a ferramenta. O objetivo desse projeto inclui majoritariamente a democratização do ensino de física, mas também se alinha aos princípios da educação inclusiva, ao beneficiar alunos com diferentes necessidades de aprendizado, incluindo aqueles com deficiências e transtornos como Transtorno de Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH).

PALAVRAS CHAVES: Tecnologia embarcada. Tecnologia educacional. Ensino de física. Experimento plano inclinado. Experimento pêndulo. *Arduino*. *Processing*.



INTRODUÇÃO:

Conforme NETO *et al.* (2018), o Brasil enfrenta desafios significativos para implementar uma educação inclusiva que atenda às necessidades de uma população estudantil diversificada. A educação inclusiva, prevista no artigo 24 da Convenção, deve garantir igualdade de oportunidades para pessoas com deficiência e promover o desenvolvimento pleno e a participação social. Neto *et al.* (2018) ainda afirma que o país ainda apresenta lacunas preocupantes: 42,5% das pessoas com deficiências severas permanecem sem instrução, e 41,62% vivem com renda inferior a meio salário mínimo, evidenciando como a pobreza e a deficiência estão entrelaçadas, especialmente nas regiões mais vulneráveis. Além disso, CALIMAN (2008) também enfatiza a questão sobre crianças com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), que afeta cerca de 7% da população infantil brasileira, das quais, estima-se que 20% enfrentam dificuldades significativas de aprendizagem, comportamento e desenvolvimento acadêmico, contribuindo para o fracasso escolar.

Nesse contexto, o projeto de kits didáticos de baixo custo para o ensino de física experimental oferece uma solução acessível e inclusiva, especialmente voltada para estudantes em situação de vulnerabilidade, como alunos com deficiência, TDAH ou carentes. Utilizando tecnologias livres como *Arduino*® e *Processing*, juntamente com técnicas de fabricação digital, como impressão 3D e corte a laser, os kits possibilitam a adaptação dos conteúdos às necessidades individuais dos alunos. O *Arduino*® foi escolhido por sua versatilidade, baixo custo e grande suporte da comunidade, facilitando a aplicação em diversos contextos educacionais. A fabricação digital, por sua vez, permite a criação ágil e acessível de componentes personalizados, viabilizando experimentos clássicos de mecânica em escolas com recursos limitados. Com um foco na inclusão e no aprendizado interdisciplinar, os kits promovem o interesse dos alunos por física, eletrônica e programação, contribuindo para uma educação mais equitativa e preparando-os para os desafios do século XXI.

METODOLOGIA:

A metodologia do estudo foi elaborada para estruturar o desenvolvimento de kits didáticos de baixo custo para o ensino de física experimental, abrangendo etapas de pesquisa, modelagem, fabricação, desenvolvimento de software e testes. A abordagem adotada foi predominantemente prática, com ênfase na fabricação digital e no uso de tecnologias livres. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre ensino de física experimental e fabricação digital, seguido pela seleção dos experimentos a serem implementados e pela escolha dos materiais e ferramentas, priorizando componentes de baixo custo e fácil acesso. Em seguida, na etapa de modelagem, utilizaram-se os softwares de modelagem 3D *Tinkercad* e *Fusion 360* para projetar os componentes dos kits, além de serem elaborados diagramas esquemáticos dos circuitos eletrônicos. A fabricação envolveu a impressão 3D das peças em filamento Plástico Polilático (PLA) e o corte a laser em *Medium Density Fiberboard* (MDF) para montagem das estruturas. A montagem integrou os elementos mecânicos e eletrônicos, com refinamentos no design para aprimoramento do produto final. O desenvolvimento do software incluiu a programação do *Arduino*® para coleta de dados dos

sensores e a criação de uma interface gráfica em *Processing* para visualização em tempo real, possibilitando uma interação funcional e intuitiva dos kits. Por fim, uma série de testes foi conduzida para validar o desempenho e a precisão das medições. Ajustes foram realizados para maximizar a confiabilidade dos resultados, garantindo que os kits fossem adequados ao contexto educacional proposto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

No desenvolvimento dos kits, o objetivo de implementar os experimentos do plano inclinado e do pêndulo foi concluído, incluindo suas respectivas interfaces e códigos em *Arduino®* para coleta de dados. Inicialmente, foi criada a tela do menu, que permite ao usuário selecionar o experimento a ser executado. O design da interface foi elaborado utilizando cores e formas que buscassem atrair a atenção dos alunos. As ilustrações presentes na tela foram desenvolvidas pela equipe, a partir de modelagens 3D previamente realizadas. A tela do menu pode ser visualizada na Figura 1.



Figura 1 - Tela inicial de menu da interface desenvolvida no *Processing*.
Fonte: Elaboração própria.

Nas interfaces dos experimentos, foram implementadas as seguintes funcionalidades: (i) Iniciar o experimento; (ii) Salvar uma captura de tela da execução; (iii) Reiniciar o experimento; e (iv), Retornar ao menu principal. Ao iniciar, o sistema solicita informações adicionais essenciais para o correto funcionamento dos experimentos. No experimento de velocidade média, por exemplo, o usuário deve informar a posição dos sensores, uma vez que a distância é uma variável fundamental para o cálculo da velocidade média, conforme descrito na Equação (1). Após a inserção dos dados, os resultados são apresentados tanto em forma de gráfico quanto em tabela,

permitindo ao aluno visualizar os dados de acordo com sua preferência. A tela do experimento de velocidade média pode ser visualizada na Figura 2, com dados fictícios para ilustrar o funcionamento.

$$Vm = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde V_m é a velocidade média, Δs é a distância e Δt é o tempo total.



Figura 2 - Tela do experimento de velocidade média da interface desenvolvida no *Processing*.
Fonte: Elaboração própria.

A interface do experimento do pêndulo segue a mesma lógica da interface do experimento anterior, com a diferença de que, ao iniciar o experimento, a altura informada pelo usuário é utilizada na Equação (2) para o cálculo do período. Uma funcionalidade adicional foi implementada no gráfico, onde, à medida que os pontos são plotados, uma linha de tendência é desenhada para representar o coeficiente angular, o qual está relacionado à constante gravitacional presente na Equação (2). A tela do experimento do pêndulo, ilustrada na Figura 3, também mostra dados fictícios para demonstrar o funcionamento da interface.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2)$$

Onde T é o período, L a altura do pêndulo e g a constante da gravidade de 9.8 m/s^2 .

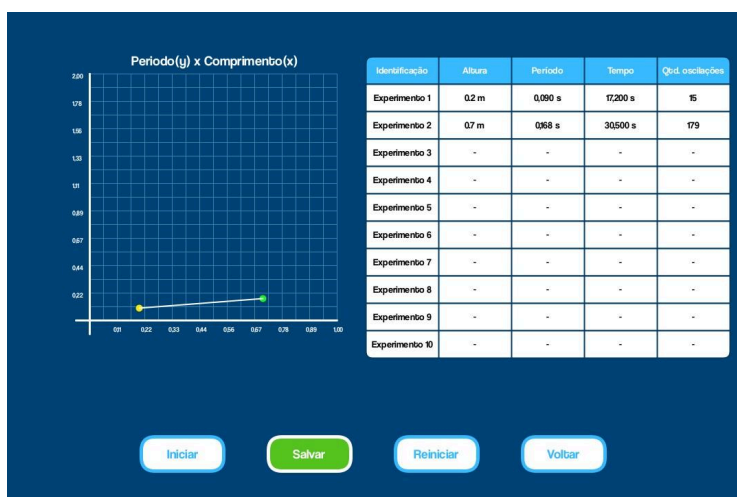


Figura 3 - Tela do experimento do pêndulo da interface desenvolvida no *Processing*.
Fonte: Elaboração própria.

A Figura 4 apresenta a parte do kit referente ao experimento da velocidade média, incluindo os sensores e os planos montados. Vale destacar que as caixas protetoras dos sensores e do Arduino® foram projetadas pela equipe através de modelagem 3D, utilizando filamento PLA devido a suas vantagens, como a facilidade de impressão, a baixa emissão de odores, o baixo custo, não toxicidade e o fato de ser biodegradável, derivado de fontes renováveis como amido de milho, cana-de-açúcar, raízes de tapioca e amido de batata (SANTANA *et al.*, 2016). O plano de montagem foi confeccionado com chapas de MDF cortadas a laser, as quais foram posteriormente montadas e coladas utilizando adesivo instantâneo à base de cianoacrilato (popularmente conhecido como “cola bonder”). Na modelagem, foram estrategicamente distribuídos espaços ao longo do plano com o objetivo de permitir o encaixe dos sensores nesses pontos específicos. As caixas protetoras dos sensores desta seção também foram projetadas para se encaixar de maneira precisa no plano, garantindo maior estabilidade, especialmente quando o plano estiver com a inclinação elevada.

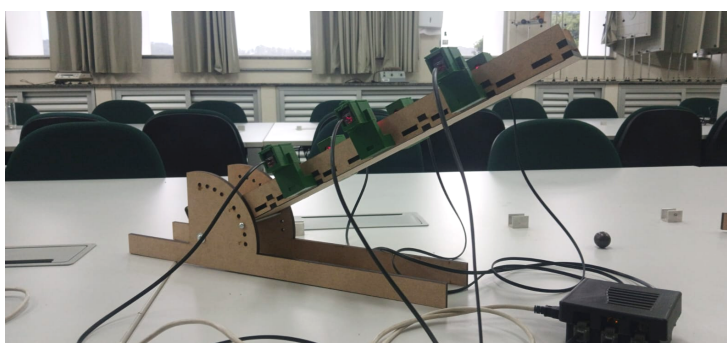


Figura 4 - Kit didático e os módulos do experimento de velocidade média.
Fonte: Elaboração própria.

A Figura 5 ilustra a parte do kit destinada ao experimento do pêndulo. As caixas protetoras dos sensores desta seção também foram projetadas para aproveitar espaços pré-planejados no plano, facilitando sua fixação. A fixação do pêndulo pode ser utilizada com um grampo ou objeto simples, apenas com o objetivo de amarrar para determinar a altura desejada. No momento, foi feito um furo na haste da caixa do sensor superior, através do qual o fio foi passado. Um pedaço de papelão foi colocado no fio como anteparo dos sensores para a leitura de passagem do pêndulo pelo sensor.

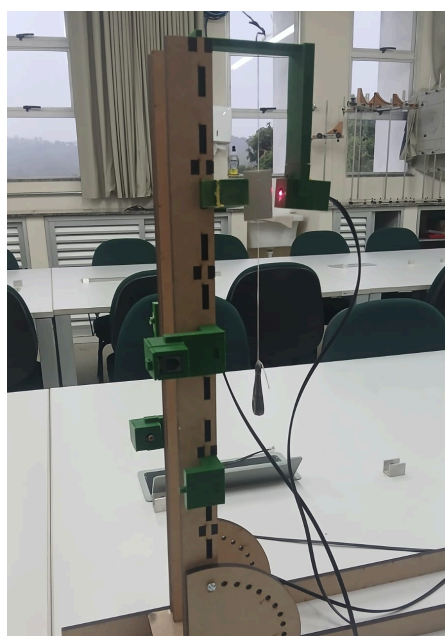


Figura 5 - Kit didático e os módulos do experimento de velocidade média.
Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÕES:

O projeto demonstrou ser viável tanto técnica quanto economicamente, oferecendo uma redução média de 95% em relação às alternativas comerciais disponíveis. O custo do kit desenvolvido foi de R\$ 500,00 enquanto as outras opções industriais de compra, segundo cotações feitas em fevereiro de 2022, tendo um valor médio de R\$ 10.000,00. A combinação das tecnologias escolhidas também se provou eficaz, demonstrando precisão nas medições comparável aos equipamentos comerciais de alto custo, validando a abordagem adotada e reforçando a viabilidade do uso de tecnologias embarcadas de baixo custo em experimentos científicos de qualidade. Além disso, o *feedback* dos professores da área foi positivo, indicando o potencial para melhorar a compreensão dos conceitos físicos abstratos e engajar os alunos em aulas práticas. Em termos de impacto na comunidade, o projeto incorpora o conceito de sustentabilidade ao utilizar processos que minimizem o desperdício, alinhando-se também com as demandas educacionais atuais, que exigem uma abordagem *hands-on* (abordagem prática de aprendizado) e inovação pedagógica para auxiliar estudantes vulneráveis.



Dessa forma, ficou comprovado que a construção guiada por este projeto cumpriu seu objetivo ao oferecer uma ferramenta moderna de prática pedagógica, com o potencial de democratizar o acesso a experimentos científicos de qualidade, além de expandir o alcance da educação inclusiva, promovendo o engajamento dos estudantes, especialmente em instituições com recursos limitados, e favorecendo o aprendizado ativo e interdisciplinar. O potencial modular do projeto é promissor, com a possibilidade de adaptação para cobrir uma gama maior de experimentos de física, como lançamento vertical e plano inclinado com atrito.

REFERÊNCIAS:

CALIMAN, Luciana Vieira. O TDAH: entre as funções, disfunções e otimização da atenção. *Psicologia em estudo*, v. 13, p. 559-566, 2008.

MARTINAZZO, C. A. *et al.* Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. *Perspectiva*, Erechim, v. 38, n. 143, p. 21-30, setembro 2014.

MCROBERTS, M. *Arduino básico*. Tradução Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

NETO, Antenor de Oliveira Silva *et al.* Educação inclusiva: uma escola para todos. *Revista Educação Especial*, v. 31, n. 60, p. 81-92, 2018.

SANTANA, Leonardo *et al.* Avaliação da composição química e das características térmicas de filamentos de PLA para impressoras 3D de código aberto. In: IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. sn, 2016.

SILVA, Andreia Paulino. Experimentos com o Arduino nas aulas de física. 2018. 65 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2018.

SILVA, L. F.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Aquisição automática de dados no laboratório de física da escola de ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 4, e4405, 2017.

SOUZA, Fábio. Como usar o Arduino para aprender sobre sistemas embarcados?. [S. l.], 2019. Disponível em:

<https://embarcados.com.br/como-usar-o-arduino-para-aprender-sobre-sistemas-embarcados>. Acesso em: 02 nov. 2024.