IMPLEMENTAÇÃO DA PLATAFORMA ARDUINO COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE QUEDA LIVRE: UMA ABORDAGEM BASEADA NO CICLO DE MODELAGEM DE HESTENES

JAYANE D. S. NASCIMENTO[1], ASTROGILDO C. JUNQUEIRA[2]

[1]Graduanda em Licenciatura em Física, Bolsista CAPES, IFSP, Campus Votuporanga, nascimento.jayane@aluno.ifsp.edu.br
[2] Docente de Física no IFSP, Campus São Paulo, acajunq@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 7.08.04.03-6 Tecnologia Educacional

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de implementação da plataforma Arduino como ferramenta pedagógica para o ensino de Física, neste caso aplicado ao estudo da queda livre. A proposta é baseada no ciclo de modelagem de Hestenes, proporcionando aos alunos uma experiência ativa na construção e validação de modelos físicos. No experimento, um único sensor (um par de LEDs de IV) acoplado ao Arduino mede o tempo associado à queda do objeto em forma de escada, permitindo a comparação dos resultados experimentais com modelos desenvolvidos por Aristóteles e Galileu. A análise cinemática dos dados preliminares forneceu um erro da aceleração da gravidade de 4%, contribuindo para uma abordagem em sala de aula mais aprofundada dos conceitos de cinemática da queda livre. Os resultados indicam que o uso de tecnologias como o Arduino pode tornar o ensino de Física mais interativo e eficaz, despertando maior interesse dos alunos e facilitando o aprendizado.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino; Ciclo de modelagem; Tecnologias; Ensino de Física; Alunos.

IMPLEMENTING THE ARDUINO PLATFORM AS A PEDAGOGICAL TOOL FOR TEACHING FREE FALL: AN APPROACH BASED ON THE HESTENES MODELING CYCLE

ABSTRACT

This paper presents a proposal for implementing the Arduino platform as a pedagogical tool for teaching physics, in this case applied to the study of free fall. The proposal is based on Hestenes' modeling cycle, giving students an active experience in building and validating physical models. In the experiment, a single sensor (a pair of IR LEDs) coupled to the Arduino measures the time associated with the fall of the ladder-shaped object, allowing the experimental results to be compared with models developed by Aristotle and Galileo. The kinematic analysis of the preliminary data provided an error in the acceleration due to gravity of 4%, contributing to a more in-depth classroom approach to the kinematic concepts of free fall. The results indicate that the use of technologies such as Arduino can make physics teaching more interactive and effective, arousing greater student interest and facilitating learning.
KEYWORDS: Arduino; modeling cycle; technologies; physics teaching; student.

INTRODUÇÃO

A utilização de novas tecnologias no ensino de Física de maneira crítica é uma forma de possibilitar novas propostas de atividades experimentais em sala de aula. A plataforma Arduíno se destaca entre essas tecnologias, devido a sua facilidade de uso, custo acessível, versatilidade, etc. (CAVALCANTE, 2011; SOUZA, 2011). Pesquisas (CORRALLO E JUNQUEIRA, 2018) exploraram

o potencial da implementação da plataforma Arduino no ambiente escolar, permitindo maior participação dos alunos nos experimentos. Buscamos com a implementação do Arduino elaborar uma sequência didática que permita maior interação do aluno com o conteúdo a ser estudado, no caso o problema da queda-livre.

A atividade prática envolve a interação do aluno com materiais concretos, como objetos, instrumentos, livros e microscópios. Esse envolvimento, que ocorre de forma natural e social, estabelece relações que abrem novas possibilidades de aprendizado (VASCONCELLOS, 1995). Portanto, é compreensível que se pense em propor novas metodologias de ensino que incorporem essas tecnologias como ferramentas didáticas para auxiliar na aprendizagem mais efetivas.

Segundo SILVA (2019), Aristóteles e Galileu pensaram, cada um em sua época, sobre a queda dos corpos, questionando se a velocidade da queda seria proporcional à massa. Pensando em um contexto da sala de aula parece ser intuitivo para os alunos pensarem que a velocidade de queda dos corpos é proporcional a sua massa, e é enriquecedor para o processo de aprendizagem que os próprios alunos cheguem às suas conclusões sobre esses conceitos, e o uso do Arduino possibilita essa exploração prática.

MATERIAL E MÉTODOS

Pretendemos futuramente elaborar uma sequência didática usando Arduíno para aplicação em sala de aula baseada no ciclo de Modelagem de David Hestenes (HESTENES, 1996), o qual propõe situações de aprendizagem centradas no aluno, engajando-os ativamente na construção, validação e aplicação de modelos, enquanto mantêm um processo contínuo de reflexão sobre suas ações (CORRALLO E JUNQUEIRA, 2018). De acordo com Hestenes, essa abordagem proporciona uma profunda compreensão dos conceitos físicos e enfatiza a importância de pensar em termos de modelos para resolver problemas e compreender fenômenos, promovendo um aprendizado mais significativo e duradouro.

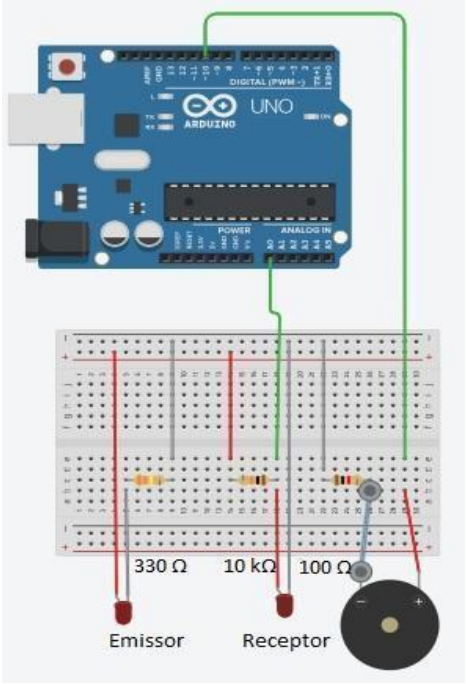
A plataforma Arduíno é uma tecnologia embarcada de modalidade “open source” com grande potencial para aplicação ao ensino de Física. Ela possui entradas/saídas para conexão com sensores para interagir com o ambiente, permitindo grande versatilidade em medidas de temperatura, pressão, posição, campo magnético, entre outros, sem perder de vista seu custo relativamente acessível às escolas. A plataforma apresentou grande potencial para ser usada como uma ferramenta pedagógica para automação de experimentos e medidas em sala de aula, conforme as pesquisas realizadas (SOUZA, 2011). Ela torna-se, dessa forma, uma ferramenta pertinente para aplicar na proposta de ciclo de modelagem de Hestenes.

Na sequência didática a ser elaborada, pretendemos abordar o conteúdo de queda livre, explorando as concepções espontâneas dos alunos com a proposta de Hestenes, contextualizando com eles questões históricas sobre a ideia de Aristóteles, que acreditava que corpos mais massivos caem mais rapidamente. Essa ideia inicial, que pode ser mais intuitiva para os alunos, serve como ponto de partida para a investigação. Em seguida, os alunos são instruídos a usar um programa desenvolvido com Arduino para testar suas hipóteses sobre queda livre, contrastando suas expectativas com os resultados experimentais, e assim apresentar as ideias de Galileu que condizem melhor com descrição da Física.

A programação do Arduíno para esse projeto [*] está sendo desenvolvido desde alguns anos (APAZA S; JUNQUEIRA, A, 2019), e controla um circuito com apenas um par de LEDs de IV (receptor-emissor) como um sensor “photogate” (figuras 1 e 3). A passagem de um objeto pelo sensor interrompe o feixe de IV produzindo a informação do instante de passagem. Para o estudo da queda-livre, elaboramos uma escada de papelão como mostrado na figura 2. A essa escada podemos acoplar massas de valores diferentes e verificar com os alunos os resultados obtidos.

* https://drive.google.com/drive/folders/1h4eSdZaG6-YR_eqDmFtvBxVjAGH0aN8a?usp=sharing

FIGURA 1: Montagem do circuito



Fonte: Editada via TinkerCad

FIGURA 2: Escada de papelão

Fonte: Próprios autores

FIGURA 3: Foto do sensor de posicionamento

Fonte: Próprios autores

Realizando alguns testes da escada com o programa Arduíno, posicionamos a borda inferior da escada logo acima do sensor que estava acoplado a uma estrutura de madeira (figura 3), passando em queda entre os fotodiodos e produzindo as interrupções de IV. Procuramos realizar a condição inicial V0 = 0, de tal forma que podemos usar a função horária do espaço, que descreve o movimento uniformemente acelerado (MUA): $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} g \Delta t^2$, (com X a altura de queda), sendo a aceleração o próprio valor de gravidade. Após sua soltura as interrupções do sensor fornecem tempos para cada interrupção dos "degraus" durante a queda, informações essas que são utilizadas para análise do movimento. Com os dados de altura (X) e tempos (t), obtivemos a velocidade instantânea (v) que é linear com o tempo de queda V = V0 + g.Δt (com g a aceleração da gravidade) e o ajuste de reta por regressão linear ao gráfico experimental V x t forneceu a aceleração da gravidade (g) pelo coeficiente angular da reta (gráfico 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes experimentais preliminares com a plataforma Arduino indicaram a viabilidade de se propor discussões sobre conceitos de velocidade e aceleração por meio de gráficos e análise do movimento de queda livre.

TABELA 1. Análise dos dados da queda vertical escada.

t (ms)	Δt (ms)	Δt (s)	x (cm)	x(m)	v(m/s)
43685	0	0	0,0	0,000	*
43762	77	0,077	10,0	0,100	1,6
43814	129	0,129	20,0	0,200	2,1
43856	171	0,171	30,0	0,300	2,5
43893	208	0,208	40,0	0,400	2,9
43926	241	0,241	50,0	0,500	3,2
43956	271	0,271	60,0	0,600	3,5
43983	298	0,298	70,0	0,700	*

Usando os resultados obtivemos do ajuste do gráfico 1 o valor de:

$$g_{exp} = 9{,}4 \frac{m}{s^2}$$

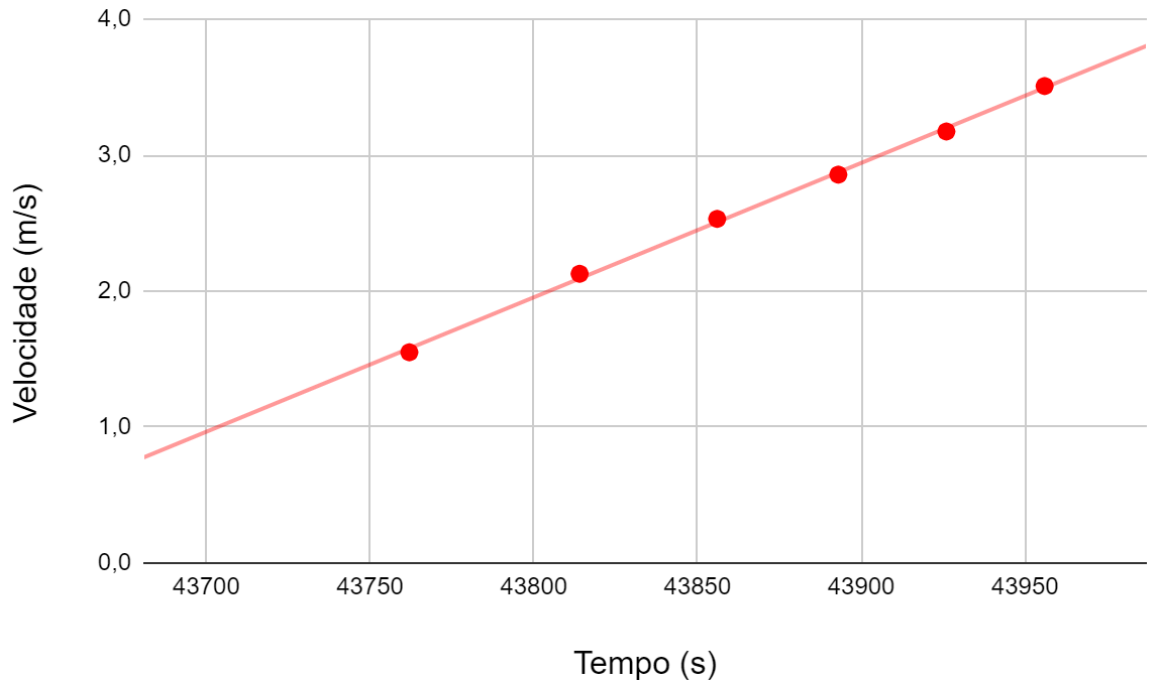
E fazendo uma comparação com o valor da gravidade tabelado para a cidade de São Paulo, chega-se a uma diferença de 4%:

$$g_{ref} = 9{,}8 \frac{m}{s^2}$$

Foi possível obter-se valores confiáveis e reais para a gravidade e os alunos podem obter seus próprios resultados com a construção de suas próprias escadas ou outros objetos que eles venham a propor. Dessa forma, é possível elaborar uma discussão sobre os detalhes do movimento de queda livre e uma comparação do valor de gravidade de referência e o valor que foi obtido experimentalmente. Além disso, pode-se fazer uma exploração dos gráficos que podem ser gerados.

Para finalizar essa análise, vale comentar que o bom ajuste de reta no gráfico mostra que a resistência do ar pode ser desprezada nessa discussão. E como o erro no tempo dado pelo Arduíno é da ordem de poucos milissegundos e o erro na altura em milímetro, consideramos o erro final no valor da gravidade na primeira casa decimal.

GRÁFICO 1. Velocidade de queda (m/s) por tempo (s)



CONCLUSÕES

Este trabalho indicou uma possibilidade promissora de discussões sobre conceitos fundamentais da cinemática, como aceleração, velocidade, entre outros, e a análise do problema da queda livre. Os resultados que foram obtidos são acessíveis para o aluno, facilitando a aproximação destes com o objeto de estudo, alinhando-se com a proposta de Hestenes (1996).

Segundo Benfica (2020), o uso de experimentos em sala de aula desperta um maior interesse dos alunos nas aulas de física. Com este projeto, os alunos têm a oportunidade de explorar e obter os resultados por si mesmos, enriquecendo a compreensão do conteúdo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

J.D.S.N. foi responsável pela curadoria, desenvolvimento da metodologia, além de redigir o trabalho. A. C. J. orientou a pesquisa, participando da análise dos dados e da correção final. Todos os autores revisaram o trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador pelo apoio constante, pelas ideias cruciais que nortearam o desenvolvimento deste trabalho, e pelo constante empenho em alinhar nossos pensamentos. Sua orientação foi fundamental para o meu crescimento pessoal e acadêmico. Manifesto também minha gratidão à minha instituição, que me proporcionou inúmeras oportunidades de enriquecimento intelectual. Agradeço à CAPES, via edital 15/2023, por me conceder-bolsa de estudos, que não apenas me motivou, mas também permitiu maior dedicação a este trabalho.

REFERÊNCIAS

APAZA, S. R. M.; JUNQUEIRA, A.C. **Elaboração de Sensores de Posição para Experimento de Queda Livre com Plataforma Arduino**. Anais do 4° Encontro de IC e Pós-Graduação do Campus São Paulo (EICPOG), São Paulo, 2019.

BENFÍCA, K. F. G. **AS CONTRIBUIÇÕES DO USO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO - APRENDIZADO DA FÍSICA**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, p. 33686-33703, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n6-066, Disponível em:

https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11049/9266. Acesso em: 17 ago. 2024.

CAVALCANTE, M. et al. **Física com Arduíno para iniciantes.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 33(4), pág. 4503 (2011).

CORRALO, M. V.; JUNQUEIRA, **O Ciclo de Modelagem associado à automatização de experimentos com o Arduino: uma proposta para formação continuada de professores**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 2, p. 634-659, ago. 2018.

HESTENES, D. **Modeling Methodology for Physics Teachers INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNDERGRADUATE PHYSICS EDUCATION**. Anais...College Park, United States, 1996.

SILVA, E. S., **Aristóteles vs Galileu: UMA ANÁLISE CRITERIOSA SOBRE O MOVIMENTO DOS CORPOS**, Anais VI Congresso nacional de educação, 2019.

SOUZA, A. R. et al. **A Placa Arduíno: uma opção de baixo custo para as experiências de física assistidas pelo PC.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33(1), pág. 1702 (2011).

VASCONCELLOS, C. D. S. **Planejamento: plano de ensino: aprendizagem e projeto educativo**. 4.ed. São Paulo: Libertad, 1995.