

O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA EXPERIMENTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DIDÁTICO PARA ANÁLISE DO MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE DE UM CORPO UTILIZANDO ARDUINO E MICROSOFT EXCEL

TEACHING PHYSICS THROUGH EXPERIMENTATION:
DEVELOPMENT OF A DIDACTIC DEVICE FOR ANALYSIS OF THE
FREE-FALL MOVEMENT OF A BODY USING ARDUINO AND
MICROSOFT EXCEL

José Celiano Cordeiro da Silva¹

Celiano_c@hotmail.com

Ibson José Maciel Leite²

ibson.leite@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

No presente trabalho buscamos desenvolver um aparato experimental capaz de adquirir dados da queda de corpos sob a ação da gravidade. Este equipamento caracteriza-se pelo seu baixo custo e eficiência mostrando detalhes do movimento de um corpo sob a ação da força gravitacional através de sensores e transdutores, acoplados a plataforma de prototipagem Arduino que utiliza recursos da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Neste trabalho buscamos fornecer recursos para que professores do ensino básico e médio possam desenvolver com seus alunos aulas de física capazes de gerar um impacto positivo no aprendizado dos alunos, estimulando seu interesse, engajamento e participação ativa principalmente no que se refere ao tema da física abordado. Nesse trabalho, não abordaremos de forma mais aprofundada a análise estatística dos resultados como forma de avaliar uma alta performance do equipamento, pois o direcionamento desta pesquisa está associado ao desenvolvimento da instrumentação e não de sua precisão e acurácia.

Palavras-chave: Práticas Experimentais; TIC; Arduino; Queda Livre; Sensores; Plataformas; Coleta de Dados.

ABSTRACT

In the present work we seek to develop an experimental apparatus capable of acquiring data on falling bodies under the action of gravity. This equipment is characterized by its low cost and efficiency, showing details of the movement of a body under the action of gravitational force through sensors and transducers, coupled to the Arduino prototyping platform that uses Information and Communication Technology (ICT) resources. In this work we seek to provide resources so that primary and secondary school teachers can develop physics classes with their students capable of generating a positive impact on student learning, stimulating their interest, engagement

¹ Aluno de graduação em licenciatura em Física do IFPE campus pesqueira (PE)

² Mestre em ensino de Física UFAL (Universidade Federal de Alagoas)

and active participation, especially with regard to the physics topic covered. In this work, we will not discuss in more depth the statistical analysis of the results as a way of evaluating the high performance of the equipment, as the direction of this research is associated with the development of the instrumentation and not its precision and accuracy.

Keywords: Experimental Practices; ICTs; Arduino; Free Fall; Sensors; Platforms; Data Collection.

1. INTRODUÇÃO

O Ensino de Física possui importante papel na vida dos estudantes em diferentes níveis de aprendizagem, a partir dessa componente curricular o estudante poderá entender o comportamento dos fenômenos naturais que estão inseridos em seu cotidiano, bem como, analisar suas representações e possivelmente poder incorporá-las, e associá-las aos seus respectivos modelos matemáticos (Silva; Barros, 2023). Entretanto, para que isso aconteça, é necessário que a escola possa propiciar aos estudantes experiências que promovam interações diretas com a natureza física da observação dos fenômenos, dando-lhes autonomia e protagonismo através de uma percepção crítica desta realidade.

De forma recorrente, vemos que, a Física continua a ser implementada em sala de aula quase sempre através de exercícios, livros didáticos, e notas de aula sobre os conteúdos o que, quase sempre, gera opiniões negativas, principalmente por parte dos estudantes (Grasselli; Gardelli, 2014). Estas práticas tradicionais de ensino, nas quais o professor torna-se o detentor e transmissor de conhecimento, obrigam os estudantes a tornarem-se receptores de conceitos, teorias e modelos matemáticos presentes em livros, preconizando assim, um sistema mecânico de aprendizagem. (Gama, 2021).

Diferentes alternativas podem ser apresentadas para tornar esse ensino mais interessante, atraente e participativo, entre muitas opções, encontra-se o recurso da experimentação. Barros e Silva (2023) nos garantem que:

“A experimentação seja ela de qualquer subárea da Física, pode através da adoção de procedimentos experimentais estabelecer problematizações que possam identificar o saber do estudante em sala de aula referente ao conteúdo, e conciliar também práticas de laboratório investigativo de ensino, que pode levar o estudante a um aprendizado real e significativo”. (SILVA; BARROS, 2023, p. 4).

Embora a experimentação seja um recurso de grande valor, alguns desafios se impõem a sua utilização. Luiz (2018) nos alerta que: falta de preparo; insegurança para a realização de algumas práticas experimentais; falta de equipamentos; entre outros fatores, podem transformar uma aula utilizando este recurso em uma experiência cujo êxito pode ser questionável, dessa forma, para que a aula de Física seja realmente relevante, precisa acontecer com segurança e qualidade por parte do professor, ofertando ao estudante, uma experiência de construção do conhecimento.

Compreendendo os desafios que se interpõem, optamos por desenvolver neste trabalho, um recurso didático experimental, capaz de coletar dados da Queda Livre de um corpo sobre a ação da gravidade, através de um dispositivo eletromecânico controlado pela plataforma Arduino. Esta plataforma é utilizada para desenvolvimentos de inúmeros trabalhos que envolvem processos de automação em dispositivos eletromecânicos acionados por controle digital, facilitando a operação e compreensão dos fenômenos físicos associados, não apenas no objeto principal de estudo, mais em todo o funcionamento do equipamento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ENSINO DE FÍSICA

De acordo com Massoni, Moreira e Silva (2018), os (PCN's) nos mostram que, o modelo tradicionalista é um fator de desestímulo para os alunos. No que remete o Ensino da Física apenas a memorização de informações, uso excessivo de livros didáticos e falta de ensino humanizado; que vise atender e respeitar o espaço do estudante, de maneira que possa estimular seu protagonismo.

Diante disso, são necessárias novas metodologias aplicadas ao Ensino de Física que possam estar interligados a práticas de ensino capazes de estimular o aprendizado dos estudantes conseguindo assim, associar conhecimentos a situações reais, respeitando assim todo um processo de aprendizagem necessário para a obtenção de conhecimentos significativos por parte do estudante.

2.2 AS CONTRIBUIÇÕES E OS DESAFIOS DO USO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA FÍSICA

As práticas experimentais são importantes para o desenvolvimento de inúmeras descobertas científicas, e são utilizadas nas escolas há um bom tempo, porém, na maioria das vezes, o experimento tem sido apresentado de forma expositiva. Essa abordagem serve para evidenciar modelos matemáticos compatíveis com um laboratório de metrologia e de testes. Outra forma de apresentação é proposta por Carvalho, (1998) onde o estudante elabora o material, produz, cria, formula suas hipóteses e colhe assim, seus próprios resultados. Ximenes (2016) nos diz que:

“A experimentação pode formar estudantes autônomos e críticos, criando suas próprias habilidades e métodos de investigação, pois os alunos podem observar, analisar e manusear os fenômenos físicos, formando suas próprias conclusões”. (XIMENES, 2016, p.9).

Deste pensamento podemos concluir que as atividades experimentais podem impactar em um desenvolvimento significativo para o estudante, ajudando também na formação de concepções de ideias, fortalecendo daí uma estrutura cognitivista que contribuía para práticas diferenciadas. Seguindo esse raciocínio Silva e Barros (2023) conceituam que:

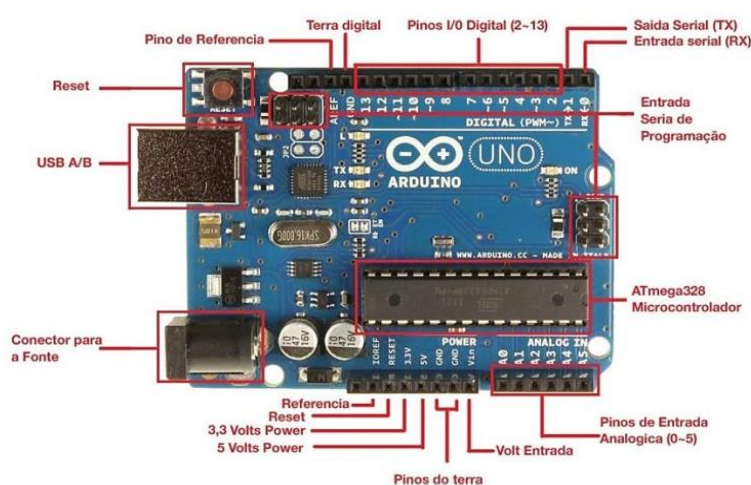
[...] as aulas práticas permitem que o estudante compreenda sua aplicação, seja ela realizada dentro ou fora dos contextos da sala-de-aula, visando proporcionar relações cognitivas ao meio ao qual o estudante está inserido, tornando o ensino mais atrativo e relevante. Mas, de início há uma preocupação constante quanto as propostas de inovação em suas metodologias experimentais. (SILVA; BARROS, 2023, p. 11).

Diante desses argumentos concluímos que as práticas experimentais são uma boa solução, porém, alguns fatores devem ser observados para que as dificuldades que se apresentam sejam sanadas. Pois, para que o aprendizado seja real o estudante tem que ter autonomia, e seu espaço tem que ser respeitado. Uma boa solução para isso seria a adequação da experimentação com a utilização de um conjunto de ferramentas tecnológicas utilizadas de maneira integrada, visando alcançar um objetivo comum; tal metodologia é conhecida por Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), e encontra-se presente na área da educação e são reconhecidas como ferramentas que potencializam os processos de ensino e aprendizagem na educação.

2.3 INTEGRANDO O ARDUÍNO AO ENSINO DE FÍSICA

O Arduino é uma plataforma eletrônica de prototipagem programável que permite o desenvolvimento de projetos tecnológicos (figura1). É um minicomputador de baixo custo, que pode ser usado para realizar diversas funções, nele é possível escrever e carregar códigos para controlar dispositivos; tornando a eletrônica acessível, e facilitando a construção de circuitos e sistemas interativos com sensores, robôs e automação. (Silveira; Girardi, 2017).

Figura 1 - Plataforma Arduino UNO



Fonte: Tech Sul Eletronicos (2019)

Uma das vantagens do Arduino é a sua capacidade de coleta de dados permitindo um estudo quantitativo de fenômenos físicos, ajudando a melhorar explicações qualitativas durante a realização de experimentos práticos (Cardoso e Zannin, 2019). Além disso, o Arduino possibilita a comunicação remota, permitindo que os alunos realizem experimentos fora do ambiente escolar, desde que tenham acesso à internet (Silveira e Girardi, 2017).

Existem diferentes versões desta plataforma. O Arduino UNO, por exemplo, é muito utilizado devido ao preço acessível, facilidade de programação e diversas opções de comunicação com dispositivos, como smartphones e computadores (Martinazzo, 2014). Com 14 portas digitais, 6 pinos analógicos e pinos de alimentação, Ele oferece uma plataforma versátil para construção de experimentos.

O Arduino permite a utilização de diferentes sensores com características distintas que nos ajudam a obter informações elétricas, magnéticas, térmicas, mecânicas, óticas, hidráulicas e químicas. Entre tantos dispositivos que podem ser

acoplados ao arduino, podemos destacar os eletroímãs na figura 2 (A) que produzem campos magnéticos quando percorridos por corrente elétrica, estes dispositivos, são utilizados para diferentes aplicações como, por exemplo, equipamentos de travamento magnético. Já os sensores ópticos na figura 2 (B), detectam variações de luz, reflexão ou bloqueio de feixes luminosos, e são usados em contadores, leitores de código de barras etc.

Figura 2- Sensores e Transdutores



Fonte: UsinaInfo (2006)

A utilização do Arduino no Ensino de Física não se limita apenas à construção de experimentos, autores como Braz (2019) defendem que esta plataforma pode ser utilizada como ferramenta motivadora, estimulando o interesse pela ciência e pela tecnologia. Outros autores como Nunes Filho (2020), informam-nos que a utilização de tecnologias como o Arduino permite uma abordagem interdisciplinar, integrando conceitos de programação e eletrônica ao estudo da Física. Isso não apenas torna o aprendizado mais dinâmico e interessante, mas também prepara os alunos para os desafios modernos, onde a interconexão entre diferentes áreas do conhecimento é cada vez mais valorizada.

2.4. ASPECTOS HISTÓRICOS DA QUEDA LIVRE

De acordo com Marcos (2016), entre os diferentes fenômenos naturais, houve sempre um interesse em se entender o movimento da queda dos corpos próximo à superfície terrestre. Embora na superfície da terra o movimento de subida e descida dos corpos possa ser influenciado pelo arrasto produzido pelo ar, podemos estudá-lo para construir um modelo que demonstre o funcionamento em situação de vácuo.

Este movimento no vácuo se caracteriza por ser uniformemente acelerado, possuindo trajetória retilínea e movendo-se na direção vertical. A aceleração que o

compõe distribui-se na superfície terrestre, o seu valor “independe de características como massa, forma e densidade de um corpo, ela é a mesma para todos os corpos; cujo valor é $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ” (Halliday; Resnick; Walker, 2012).

Em se tratando de aspectos históricos, os primeiros relatos sobre a queda livre são descritos por, Marcos (2016) citando Aristóteles e Galileu Galilei que de acordo com eles:

As características desses movimentos de subida e descida já provocavam indagações há dois mil anos e foram objetos de estudo desde tempos remotos. [...]o estudo da queda livre numa perspectiva de abordagem da história e evolução da sua compreensão, começa pelo precursor das primeiras observações do fenômeno, ou seja, com o grande filósofo Aristóteles, como também os estudos de Galileu Galilei que introduziu o método experimental em suas observações. [...] ele acreditava que, abandonando corpos leves e pesados de uma mesma altura, seus tempos de queda não seriam iguais, chegando a afirmar que os corpos mais pesados alcançariam o solo primeiro que os mais leves. Essa crença perdurou por muito tempo e isso aconteceu em virtude da grande influência do pensamento aristotélico (MARCOS, 2016, p. 67).

Galileu Galilei (1564 – 1642) utilizando-se de experimentos e métodos minuciosos de observação dos fenômenos deduz as leis que descrevem o comportamento desse movimento, permitindo assim, que segundo ele, fosse lido o “Livro da Natureza” o que refutava a percepção de Aristóteles que defendia a pouca importância dos experimentos em sua visão do mundo (BEN-DOV, 1996, p. 26).

Em um contexto histórico vemos que cada um desses grandes pensadores defendia um paradigma diferente, porém, Galileu por meio da experimentação tornou evidente que as proposições de Aristóteles não se confirmavam experimentalmente.

2.5. EQUAÇÕES DE UM MOVIMENTO DA QUEDA LIVRE

A queda livre trata-se de um fenômeno físico que acontece quando um corpo, que se move sob a influência da gravidade sem a interferência de forças externas, tais como a resistência do ar, é abandonado de uma certa altura e cai sobre a aceleração do campo gravitacional. Isso significa que, no decorrer da queda livre, a única força que está atuando sobre o corpo é a força gravitacional, que atrai o objeto em direção ao centro da Terra.

A equação 1 representa o movimento de uma partícula sob a influência da gravidade em M.R.U.V. (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado).

$$y = y_0 + v_0 t + g \frac{t^2}{2} \quad (1)$$

Na equação, y representa a posição final e y_0 a posição inicial na qual o objeto encontra-se no momento em que o movimento se inicia. A velocidade inicial é representada por v_0 e t representa o intervalo de tempo transcorrido entre posições distintas durante o movimento, a aceleração gravitacional é representada por g .

No planeta Terra, a aceleração gravitacional é uniforme para todos os corpos, com um valor aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$, e permanece praticamente constante em diferentes pontos da superfície. Como resultado, a velocidade dos objetos aumenta de forma linear ao longo do tempo. Quando o movimento começa a partir de uma condição inicial em que $v_0 = 0$ a equação assume a forma apresentada na Equação 2.

$$v = g \cdot t \quad (2)$$

Substituindo d por $\Delta y = y - y_0$ que é a distância percorrida pelo objeto durante a queda, encontramos a Equação 3.

$$d = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (3)$$

Essas equações serão empregadas no processo de determinação das funções de movimento dos corpos sobre influência da gravidade, resultando diagramas de posição em relação ao tempo cujas curvas que representam o movimento são parabólicas.

3. METODOLOGIA

Para fins metodológicos a presente pesquisa busca a partir de características experimentais analisar a criação e programação de um experimento envolvendo Arduino para que possa auxiliar os docentes no ensino e prática da Física, mas especificamente no Ensino da Queda Livre.

3.1 DESENVOLVIMENTO DE UMA ALTERNATIVA ACESSÍVEL PARA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

A atividade experimental visa proporcionar ao seu público uma vivência prática que complementa o estudo teórico realizado em sala de aula. O objetivo é criar um ambiente onde possa aplicar os conceitos aprendidos de forma tangível, através do uso de experimentos que reforcem a compreensão dos fenômenos físicos abordados. A necessidade de oferecer soluções acessíveis e eficientes para a execução de

experimentos de física foi um dos principais estímulos para o desenvolvimento deste projeto. A figura 3 mostra uma visão geral de um experimento profissional de queda livre que pode ser adquirido no site *Planeta Pedagógico* por cerca de R\$ 6.000,00 (seis mil reais).

No decorrer deste projeto vamos construir um experimento semelhante a este custando 20 vezes menos. Essa disparidade de custo é clara e demonstra como podemos oferecer soluções mais econômicas sem comprometer a qualidade da aula experimental. Assim, conseguimos construir um experimento mais acessível, o nosso kit simplifica o aprendizado, possibilitando que mais instituições, professores e estudantes possam realizar experimentos práticos em física de baixo custo.

Figura 3 - Kit Experimental Queda Livre



Fonte: Planeta Pedagógico (2012)

Composto por uma haste rígida, um eletroímã, sensores de barreira de luz interligados em um cronômetro, esse experimento permite determinar o tempo que uma esfera leva para atingir a base do equipamento, registrando no cronômetro medidas de tempos adquiridos pelos sensores, permitindo calcularmos a aceleração da gravidade no local em que o experimento foi realizado.

Em geral, estes equipamentos têm custo elevado e são difíceis de adquirir, o que os torna uma alternativa impraticável para professores da rede pública e particular que queiram adquirir tais equipamentos. Com o intuito de propormos uma opção viável e de construção simplificada para este equipamento é que este trabalho foi elaborado. Em nosso projeto buscamos utilizar componentes eletrônicos disponíveis no mercado nacional e de fácil aquisição o que reduz os custos envolvidos e permite ao professor

utilizar sua criatividade no processo de desenvolvimento, podendo inclusive, construir essa montagem em sala de aula envolvendo os alunos no processo. Esse tipo de abordagem promove o acesso à experimentação em Física e estimula o pensamento crítico tanto por parte dos estudantes quando dos professores.

3.2 VISÃO GERAL DO PROTÓTIPO E MATERIAIS PARA SUA CONSTRUÇÃO

O protótipo foi construído a partir de um dispositivo de queda livre que utiliza tecnologia Arduino e sensores de obstáculo para registro e análise do movimento de uma esfera em queda livre. A estrutura do experimento consiste em um perfil tubular de alumínio com sensor infravermelho móvel que pode ser fixado em determinadas posições. No topo, uma pequena esfera é inicialmente mantida presa por um eletroímã, quando o usuário desliga o eletroímã a esfera é liberada, iniciando seu movimento de queda livre em direção ao solo. Durante a queda, a esfera atravessa o sensor de obstáculo, que enviam sinais elétricos para um micro controlador Arduino.

O micro controlador Arduino tem papel central no funcionamento do experimento. Ele é responsável por controlar o acionamento do eletroímã, receber os sinais do sensor de obstáculo, registrar os tempos de detecção da passagem da esfera e fornecer os dados para os gráficos que serão gerados pelo Excel.

A escolha do Arduino na versão UNO, foi baseada em diversos critérios, incluindo: seu valor, popularidade, adequação para projetos, e disponibilidade em ambientes educacionais. Para este projeto, são necessárias cinco portas digitais do Arduino, cada uma com uma função específica no protótipo, como controle do eletroímã e recebimento dos sinais do sensor de obstáculo. Essa configuração permite uma aplicação eficiente do experimento, destacando a versatilidade e acessibilidade do Arduino para aplicações educacionais e experimentais.

Materiais e descrição do aparato experimental

No contexto da experimentação, a construção do aparelho de queda livre utilizando o Arduino, eletroímã e sensores de luz nos permite construir uma abordagem acessível para estudar os princípios básicos da física. A combinação desses componentes permite a medição precisa da aceleração de queda de um

objeto, fornecendo dados valiosos para análises. No entanto, é crucial considerar os custos envolvidos nesse processo, garantindo que o projeto seja viável.

O quadro 1 abaixo, apresenta uma discriminação dos componentes e seus valores, permitindo uma análise dos custos da construção do experimento.

Tabela 1 - Descrição de materiais e Valores de custo

| | Materiais | Quantidade | Valor Unitário (R\$) | Doados | Preço Total (R\$) |
|----|---------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|--------------------------|
| 01 | Moldura de Alumínio | 01 | | Doação | |
| 02 | Eletroímã | 01 | 64,85 | | 64,85 |
| 03 | Placa Arduino UNO | 01 | 75,00 | | 75,00 |
| 04 | Protoboard 830 Pontos | 01 | 32,60 | | 32,60 |
| 05 | Trilho Alumínio | 01 | | Doação | |
| 06 | Perfil de Alumínio | 01 | | Doação | |
| 07 | Lego | 01 | | Doação | |
| 08 | Jumper Machos | 14 | 0,71 | | 9,94 |
| 09 | Ribite | 10 | | Doação | |
| 10 | Parafusos | 03 | | Doação | |
| 11 | Case Arduino | 01 | 35,90 | | 35,90 |
| 12 | Trena de Plástico | 01 | 2,50 | | 2,50 |
| 13 | Sensor de Luz | 01 | 64,85 | | 64,85 |
| 14 | Parafuso 10 cm | 01 | | Doação | |
| 15 | Arruela | 04 | 0,50 | | 2,00 |
| 16 | Porcas | 03 | 0,50 | | 1,50 |
| 17 | Transistor TIP31CF | 01 | 2,00 | | 2,00 |
| 18 | Resistor de 1k | 02 | 2,00 | | 4,00 |
| 19 | Resistores de 320 Ohms | 01 | 1,00 | | 1,00 |
| 20 | Diodo Retificador IN4007 MIC | 01 | 3,00 | | 3,00 |
| 21 | Fonte ATX 12 Volts | 01 | | Doação | |
| | | | | Total | 299,06 |

Fonte: Próprio Autor

Ao analisar os custos para a construção desse experimento, é importante levar em conta os componentes necessários. Além do Arduino eletroímã e do sensor de luz, é preciso considerar também os cabos, resistores, protoboards e outros materiais eletrônicos indispensáveis para o funcionamento adequado do dispositivo.

3.3 CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO

Preparação dos materiais:

A estrutura principal do experimento foi construída com uma estrutura tubular de alumínio de 1 metro de comprimento por 0,06 m de largura, conforme ilustrado na figura 4 (A). Utilizamos outra moldura de alumínio de 0,60 m de comprimento e 0,06 m de largura, dividindo-a em duas partes de 0,30 m e cortando em um ângulo de 45°, como mostrado na figura 4 (B), para criar um tripé em formato L.

Em seguida, cortamos um trilho de 0,15 m de extensão por 0,02 m de largura para prender o sensor à estrutura principal, referente à figura 4 (C). Efetuamos um orifício para um parafuso de 0,10 m e outro para o sensor infravermelho. Adicionalmente, cortamos duas peças de perfil de alumínio preto, cada uma medindo 0,20 m de comprimento por 0,08 m de largura, para apoiar a protoboard, figura 4 (D). Utilizamos silicone para fixar a protoboard de 830 pontos.

Figuras 4



(A) Corte da Moldura Principal



(B) Corte da Moldura em 45°



(C) Trilho preso na estrutura principal



(D) Corte dos dois perfis



(E) Eestrutura principal e tripé



(F) Junção da Moldura

Fonte: Próprio Autor

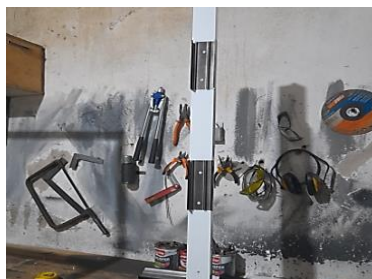
Montagem da estrutura:

Na etapa de montagem, ligamos as molduras da estrutura principal ao tripé, assegurando que a moldura de 1 m de comprimento e 0,04 m de largura seja posicionada na vertical, referido na figura 5 (E). O tripé, constituído por dois segmentos de 0,30 metros de comprimento e 0,06 metros de largura, foi esculpido em um ângulo de 45°, resultando em um formato em L, mostrado a seguir na figura 5 (F) e através disso, alcançamos a estabilização vertical da estrutura. Empregamos também uma fita métrica de plástico na estrutura principal, para assegurar a exatidão nas medições e cálculos.

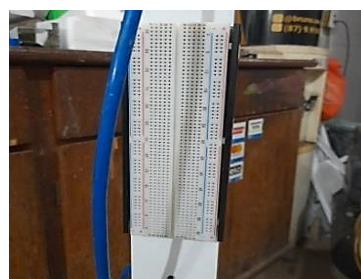
Além disso, fixamos dois pedaços de perfil de alumínio preto, referente a figura 5 (A) para prendermos a estrutura principal, e posteriormente, criamos uma base

sólida nas ligações dos jumpers do experimento. Colando assim, a protoboard em um pedaço de perfil de alumínio, mostrado na figura 5 (B) com cola de silicone:

Figura 5



(A) Fixação de dois pedaços de perfil de alumínio preto



(B) Protoboard fixada no pedaço de perfil de alumínio preto

Fonte: Próprio Autor

Em seguida, utilizamos uma peça de lego, fazendo dois buracos para prender o lego na moldura principal com dois rebites, referido na figura 6 (A), garantindo sua estabilidade durante o funcionamento do experimento. Depois que prendemos a peça lego na estrutura principal, prendemos o eletroímã fazendo um buraco em baixo no lego, conforme na figura 6 (B), deixando-os juntinhos.

Figura 6



(A) Prendendo o lego na estrutura principal de alumínio



(B) Prendendo o eletroímã no lego

Fonte: Próprio Autor

Logo após, utilizamos um sensor de presença direcionado de lado da estrutura fixada em um trilho medindo 0,08 m de comprimento, 0,02 m de largura e 0,01 m de espessura, e assim, cortamos a estrutura principal do lado para fazer uma fenda com 0,80 m, e nas pontas dessa fenda fizemos dois buracos para a entrada do parafuso de 0,10 m, referida figura 7 (A). Além disso, para fixarmos o trilho precisamos furar ele em dois buracos: um para fixar no parafuso que estava preso na estrutura principal por porcas e arruelas; e o outro para fixar o sensor de proximidade a fim de capturar

a esfera, conforme na figura 7 (B) quando é liberada do eletroímã que passaria na frente do sensor para obtermos os possíveis cálculos:

Figura 07



(A) Sensor preso na estrutura principal

(B) Esfera de aço

Fonte: Próprio Autor

Após isso, colocamos o case de acrílico na moldura principal perto da protoboard, referida figura 8 (A), após colocarmos a placa arduino dentro do case fazemos todas as ligações necessárias com o arduino na protoboard, conforme a figura 8 (B). E finalizamos a montagem completa do experimento, figura 8 (C).

Figura 8



(A) Case de acrílico fixado na moldura principal



(B) Fazendo as ligações do Arduino com a protoboard



(C) Montagem completa do experimento

Fonte: Próprio Autor

Preparação do Arduino:

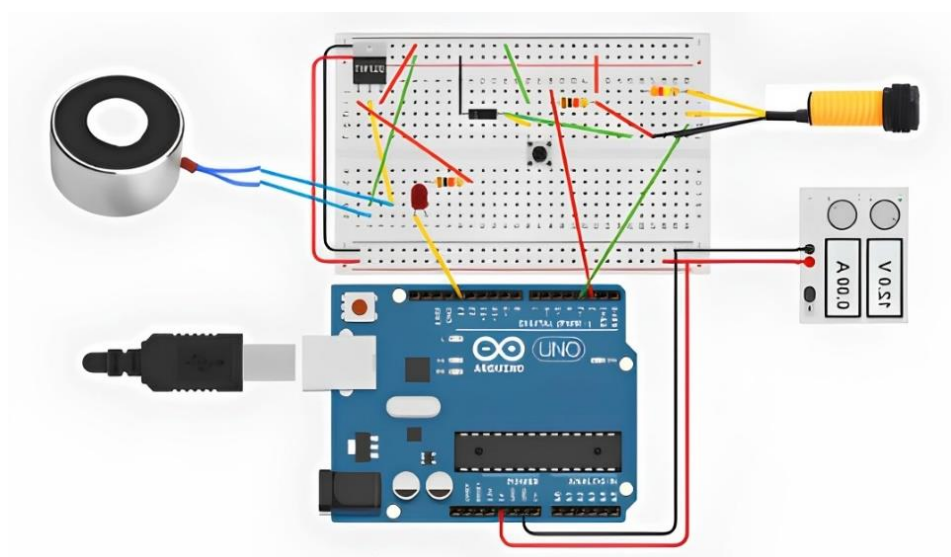
Utilizamos um case de acrílico para proteger o Arduino UNO durante o experimento. Depois, ligamos a protoboard ao Arduino através de jumpers masculinos, efetuando as ligações necessárias para a preparação. Durante a etapa de instalação, o sensor de luz é colocado em uma extremidade da estrutura principal, alinhado com a trajetória da esfera em queda livre, para assegurar sua estabilidade durante o experimento. Depois, ligamos os jumpers (fios) do eletroímã à protoboard

e, em seguida, Para assegurar o funcionamento eficaz do sistema, empregamos materiais tais como: Arduino UNO, protoboard, eletroímã 830 pontos, s sensor infravermelho reflexivo E18-d80nk, resistores de 320 ohm e 1 k ohm, transistor TIP31CF, Jumper modelos MxM, um Push Button (Botão) e uma fonte de alimentação de 12 volts. Depois, garantimos que o esquema de conexão é adequado para integrar todos esses elementos de forma eficiente.

Esquema do Protótipo de Queda Livre:

A construção do aparato eletrônico se deu conforme a figura 9, na qual nos certificamos de que o Arduino estava devidamente configurado para registrar as informações do sensor de luz.

Figura 9- Esquema eletrônico



Fonte: Próprio Autor

Posteriormente desenvolvemos a programação do software em linguagem Arduino para que todo sistema pudesse funcionar corretamente. O código do software pode ser visto abaixo no Quadro 1. Dessa forma, executamos testes iniciais para assegurar a correta operação do eletroímã e do sensor de luz que identifica com a passagem da esfera em queda livre. Seguindo essas etapas, estávamos preparados para conduzir o experimento de queda livre utilizando o Arduino e os sensores de luz. Isso permitiu uma avaliação minuciosa do movimento da esfera, oferecendo uma experiência de aprendizagem prática.

Quadro 1- Código fonte do Software

```

int saida= 13;
int botao = 2;
int sensor = 3;
int cont = 0;
int cont1 = 0;
int cont2 = 0;
int t0 = 0;
int tf = 0;
int dt = 0;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
  // make the pushbutton's pin an input:
  pinMode(botao, INPUT);
  pinMode(sensor, INPUT);
  pinMode(saida, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input pin:
  int leituraSensor = digitalRead(sensor);
  int buttonState = digitalRead(botao);
  // print out the state of the button:
  //Serial.println(buttonState);
  if (buttonState == 0)
  {
    if (cont == 0)
    {
      Serial.println("Eletroimã Ativo");
      tf=0;
      cont=1;
      cont2=0;
      cont1=0;
    }
    digitalWrite(saida, HIGH);
  }
  else
  {
    if (cont1 == 0)
    {
      Serial.println("Eletroimã Desativado");
      cont1= 1;
    }
    digitalWrite(saida, LOW);

    if (leituraSensor == 1)
    {
      tf = tf + 1;
    }
    else
    {
      dt = tf - t0;
      if (cont2 == 0)
      {
        Serial.print("dt = ");
        Serial.println(dt);
        cont2 = 1;
        cont = 0;
      }
    }

    cont=0;
  }
  delay(1);          // delay in between reads for stability
}

```

Fonte: Próprio Autor

O código utilizado combina o sensor infravermelho e um eletroímã, desenvolvido com base no conhecimento de Arduino e nas orientações do meu orientador. A Figura 4 apresenta o código responsável por controlar a contagem do tempo e a aceleração da queda livre da bolinha.

3.4 Funcionamento do protótipo

Conectamos o sensor infravermelho, o eletroímã, e a protoboard com todos componentes eletrônicos integrados ao Arduino Uno através de um computador portátil, e seu sistema do Arduino e seu programa feito e salvo na sua biblioteca fará o protótipo funcionar corretamente. Depois, ajustamos o sensor de luz para assegurar medidas exatas da distância do objeto que está caindo. Combinamos o eletroímã com o sensor infravermelho para identificar o tempo de queda do objeto. Utilizamos uma esfera de metal para quando a mesma seja atraída pelo eletroímã possa ser ativado.

Em seguida, posicionamos o Arduino Uno e o notebook para controlar o eletroímã, na medida em que a esfera fosse acionada ativamos o eletroímã para segurá-la no local inicial, e desativamos o eletroímã no botão que fica no protoboard para permitir que o objeto comece sua queda livre e a sua contagem se inicie.

A contagem do tempo de queda do objeto será concluída quando a esfera passar pelo sensor. Portanto, teremos as distâncias percorridas e registraremos as informações do sensor de luz conforme o objeto despenca, possibilitando a medição de sua velocidade em diversos pontos ao longo do movimento. Após isso, analisamos os dados coletados para obter tempo, distância e velocidade durante a queda livre do objeto. Este experimento demonstrou como é possível utilizar o Arduino Uno, um sensor de proximidade, um eletroímã e uma trena para a queda livre de objetos de maneira controlada e precisa aprofundado assim o entendimento dos princípios da Física envolvidos na queda livre e suas aplicações em diversas áreas do conhecimento científico e tecnológico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o experimento, realizamos 40 lançamentos e levamos cerca de 30 minutos para obter os dados de queda, o tempo gasto e os gráficos correspondentes. Enfrentamos alguns problemas durante a aplicação: o sensor infravermelho não

conseguia captar a velocidade da esfera devido ao seu tamanho reduzido e à alta velocidade de queda. Para resolver isso, aumentamos o tamanho da esfera, o que melhorou a detecção pelo sensor. Dando início ao experimento aciona-se o Push Button (Botão) fazendo a esfera ser atraída pelo eletroímã, após o indutor ser desligado a esfera se desprende do eletroímã e inicia-se a contagem do tempo, a esfera permanece em queda livre até o momento que passa na frente do sensor de luz encerrando assim a contagem de tempo de queda.

O sensor não apresenta uma resposta instantânea, sendo assim o mesmo possui um delay (tempo de resposta) para detectar a esfera. Ou seja, quanto mais rápido o objeto passar na frente do sensor maior será o tempo de delay.

Com esse atraso as medidas que encontramos ficaram desviadas acarretando em um valor menor para gravidade, por isso os dados que obtivemos estão apresentando essa diferença. É possível que a gravidade seja exatamente $9,8 \text{ m/s}^2$, porque devemos considerar a resistência do ar, e quando a esfera cai temos que considerar a resistência do arrasto do ar. Dessa forma a aceleração gravitacional observada é menor que $9,8 \text{ m/s}^2$.

A construção desse experimento nos mostrou o sucesso da reprodução da queda livre. Devido à estrutura do sensor ser móvel podendo posicioná-lo em outras posições, assim podendo obter tempos e gráficos diferentes, com valores e resultados quase próximos.

Para analisar reorganizamos a equação 3 transformando ela na equação 4.

$$d = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (3)$$

$$g = \frac{2d}{t^2} \quad (4)$$

Para realizar os testes com o experimento, medimos diretamente a distância entre o eletroímã que fica no topo do experimento e as posições dos oito sensores localizados, consecutivamente em: 10 m, 20 m, 30 m, 40 m 50 m, 60 m, 70 m e 80 m. No percurso foi fixado uma fita métrica, para realizaras 40 medições de tempo de queda, da seguinte forma 5 medições para cada uma das oito posições fixadas. Em seguida foi calculada a média dos tempos de queda para cada uma das oito alturas. A média do tempo de queda em funções de suas posições está exposto na tabela 2.

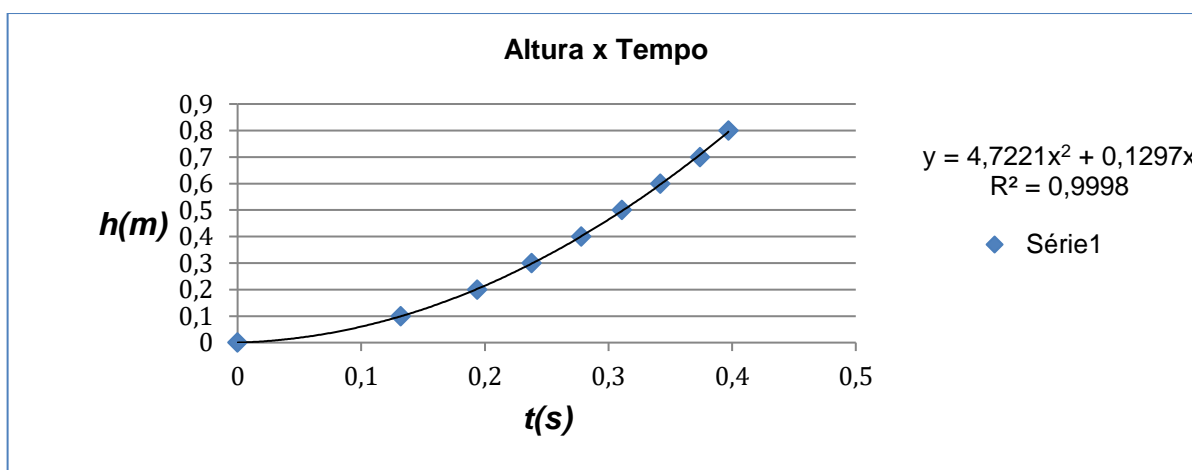
Tabela 2- Posição em Função do Tempo

| <i>Média dos Tempos(s)</i> | <i>Posições d(m)</i> |
|----------------------------|----------------------|
| 0,132 | 0,10 |
| 0,194 | 0,20 |
| 0,238 | 0,30 |
| 0,278 | 0,40 |
| 0,311 | 0,50 |
| 0,341 | 0,60 |
| 0,374 | 0,70 |
| 0,397 | 0,80 |

Fonte: Autoria própria.

Os dados que coletamos podem ser observados na tabela 2, a partir dela, geramos o gráfico 1 utilizando o Excel. Neste diagrama inserimos uma linha de tendência que exibiu como características:

- A equação no gráfico;
- O valor R-quadrado no gráfico;
- O posicionamento da linha de tendência no ponto 0,0; Observação: É necessário que a linha de tendência seja polinomial de ordem 2 quadráticas.

Gráfico 1- Posição em Função do tempo

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com os dados obtidos através da linha de tendência encontramos apenas uma medição, referente à $g = 9,44 \text{ m/s}^2$ esse valor foi determinado multiplicando o fator quadrático da linha de tendência pelo número dois de acordo com a Equação 4.

5. CONCLUSÕES

Observando os resultados obtidos foi possível concluirmos que, mesmo sem uma rigorosidade estatística dos valores obtidos através do processo de regressão quadrática, efetuado pela linha de tendencia do Microsoft Excel, os valores encontrados para a gravidade bem como a curva obtida pelo aparato experimental concordam de forma significativa com os valores esperados para um corpo que cai sobre a ação da gravidade submetido a força de arrasto do ar.

Conhecendo os custos envolvidos no processo de construção e comparado estes valores com o preço de venda de um equipamento semelhante, fabricado no Brasil, vemos que este aparato é absolutamente viável tanto no que diz respeito aos custos envolvidos como aos resultados obtidos experimentalmente.

Desta forma concluirmos que o nosso projeto atingiu os objetivos esperados para a construção de um aparato eletromecânico aplicado ao estudo da queda livre dos corpos.

6. REFERÊNCIAS

BEN-DOV, Yoav. **Convite à Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996. (Ciência e cultura). BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**, 1998.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018-2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf> Acesso em 15 jul. 2024.

BRAZ, R. N. **A construção de carrinhos robóticos com materiais alternativos como ferramenta didática no ensino de cinemática**. Dissertação – Mestrado em Ensino de Física. Universidade Regional do Cariri. Juazeiro do Norte, 2019.

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.

CARVALHO, A.M. P. Et al. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A.M.P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. São Paulo: Cortez, 1999-2000.

GAMA, Rayane Santos et al. **Metodologias para o ensino de química: o tradicionalismo do ensino disciplinador e a necessidade de implementação de metodologias ativas**. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, ano 2021, p. 898-911. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5687>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

GRASSELLI, E. C.; GARDELLI, D. **O ensino da Física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática**, 2014.

FILHO, J. M. A. N. **O ensino de eletrostática por meio de atividades experimentais com uso da aprendizagem significativa**. Dissertação – Mestrado em Ensino de Física. Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2020.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física: volume 1: mecânica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LUIZ GABRIEL DE FREITAS, SILVA; KALINA CÚRIE TENÓRIO FERNANDES DO RÊGO, BARROS. **Investigando as Contribuições da Aplicação de Experimentos para o Ensino de Física no Ensino Médio**. 2023. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Ciências e Tecnologias de Pernambuco - IFPE - Campus Pesqueira, Pesqueira - PE, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/1152>>. Acesso em: 1 ago. 2024.

LUIZ, R. L. **Experimentos de Eletrostática como Metodologia de Aprendizagem Significativa**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente, 2018.

MARCOS, M. **O Estudo da Queda Livre no Ensino Médio: História e Experimentos**. Graduação em Física – Licenciatura, Instituto Federal do Piauí – IFPI, Campus Angical, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ifpi.edu.br/index.php/somma/article/view/47>> Acesso em: 20 jul. 2024.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; FERRARI, D.; PIAIA, M. M. **Arduino: uma tecnologia no ensino de Física**. *Perspectiva*, Erechim. v. 38, p. 21-30, 2014.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A.; SILVA, M. T. X. **Revisitando a noção de “Método Científico”**. *Revista Thema*, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 905–926, 2018. DOI: 10.15536/thema.15.2018.905-926.1057. Disponível em: <<https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1057>>. Acesso em: 28 jul. 2024.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. **Aprendizagem significativa: a teoria de Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1983.

PLANETA PEDAGÓGICO. **Kit de física - queda livre - 5 sensores**. 2024. Disponível em: <<https://www.planetapedagogico.com.br/kit-de-fisica-queda-livre>> Acesso em: 15 de jul. de 2024.

SANTOS, J. C. F. **Aprendizagem significativa: modalidades de aprendizagem e do papel do professor**. 5ª ed. Porto Alegre: Mediação, 2013.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. **Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 4, 2017.

SOUZA FILHO, M.P.de. et al. **A construção do conceito sobre a queda livre dos corpos por meio de atividades investigativas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIA, 8, Florianópolis. Anais eletrônicos... Florianópolis: UFSC, 2009. Disponível em:
<<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1408.pdf>.> Acesso em: 16 jul 2024.

TECH SUL ELETRONICOS. **Placa Arduino Uno R3 com cabo usb design original italiano**, 2019. Disponível em: <https://techsuleletronicos.com.br/wp-content/uploads/2019/01/placa-arduino-uno-r3-com-cabo-usb-design-original-italiano-D_NQ_NP_910037-MLB31173208686_062019-F.jpg> Acesso em: 17 de jul. 2024.

USINAINFO - **Sensor de proximidade e18 - d80nk infravermelho npn - detecção 3 a 80 cm**, 2024. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-proximidade/sensor-de-proximidade-e18-d80nk-infravermelho-npn-deteccao-3-a-80cm-2791.html#idtab5>> Acesso em out. 2024.

USINAINFO - **Eletroímã / solenoide 20 mm 2,5KG** – 2024. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-modulos-arduino/eletroima-solenoide-20mm-25kg-2815.html?search_query=eletroima&results=1> Acesso em out: 2024.

XIMENES, D. M. **A experimentação no ensino de física em eletroestática para 9º ano**. Orientador: Franco de Salles Porto. 2016. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciado do Curso em Ciências Naturais) - UnB Planaltina, Planaltina - DF, 2016. Disponível em:
<https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14205/1/2016_DiegoMoreiraXimenes_tcc.pdf.> Acesso em: 30 junho. 2024.