

## **ARDUINO COMO FERRAMENTA MULTIFUNCIONAL PARA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA FÍSICA**

**Samily Monteiro Nunes<sup>1</sup>, Geovânia dos Santos de Campos<sup>2</sup> e Fernando Fulgencio León Ávila<sup>3</sup>**

### **Resumo**

Visando procurar alternativas mais econômicas para a falta de equipamento adequado e atualizado dentro dos laboratórios docentes e nas salas de aulas da disciplina de Física, principalmente por causa dos altos custos de aquisição desses materiais, foi desenvolvido um projeto de transformação e adequação de uma instalação experimental simples, que já existia no laboratório de Física do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), da Universidade Federal do Amazonas. A instalação era utilizada para o estudo da queda livre dos corpos e determinação da aceleração da gravidade, através da medição dos tempos de queda, mas já apresentava falhas no funcionamento de seu cronômetro digital. Toda a parte eletrônica do aparelho original; consistente numa fonte estabilizada, um cronômetro digital de dois canais e dois sensores fotoelétricos; foi completamente substituída por uma placa Arduino, dois sensores fotoelétricos compatíveis com a nova fonte de alimentação e um programa de computação que permite a realização de captura automatizada de dados e que o valor da aceleração da gravidade seja determinado de maneira direta. O passo a passo para a utilização da instalação na realização do experimento, os detalhes do circuito implementado e o código de programação desenvolvido são disponibilizados neste documento, com o objetivo de auxiliar alunos e professores de Física interessados em reproduzir esta iniciativa nas suas respectivas universidades.

**Palavras-chave:** Ensino da Física, Arduino, Educação, Experimento.

## **ARDUINO AS A MULTIFUNCTIONAL TOOL FOR EXPERIMENTATION IN PHYSICS TEACHING**

### **Abstract**

Aiming to look for more economical alternatives to the lack of adequate and updated equipment within teaching laboratories and Physics classrooms, mainly due to the high acquisition costs of these materials, this project was developed to transform and adapt a simple experimental installation, which already existed in the Physics laboratory at ICET (Institute of Exact Sciences and Technology) at the Federal University of Amazonas. The installation was used to study the free fall of bodies to determine the acceleration of gravity, by measuring the falling times, but its electronic timer was not working properly anymore. The entire electronic part of the original device; consisting of a stabilized source, a

---

<sup>1</sup> - Aluna do Curso de Licenciatura em Ciências: Matemática e Física, ICET-UFAM, discente, Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Matemática e Física e-mail: [samily.nunes@ufam.edu.br](mailto:samily.nunes@ufam.edu.br).

<sup>2</sup> - Aluna do Curso de Licenciatura em Ciências: Matemática e Física, ICET-UFAM, discente, Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Matemática e Física, e-mail: [geovania.campos@ufam.edu.br](mailto:geovania.campos@ufam.edu.br).

<sup>3</sup> - Doutor em Ciências Físicas, ICET-UFAM, professor, Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Matemática e Física, e-mail: [fleoanvila@ufam.edu.br](mailto:fleoanvila@ufam.edu.br).

two-channel digital timer and two photoelectric sensors; was completely replaced by an Arduino board, two photoelectric sensors compatible with the new power supply and a computer program that allows automated data capture and the value of the acceleration of gravity to be directly determined. The step-by-step instructions to carry out the experiment, the details of the implemented circuit and the programming code developed are made available in this document, with the aim of helping Physics students and teachers interested in reproducing this initiative at their respective universities.

**Keywords:** Physics Teaching, Arduino, Education, Experiment.

## **ARDUINO COMO HERRAMIENTA MULTIFUNCIONAL PARA LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

### **Resumen**

Con el objetivo de buscar alternativas más económicas a la falta de equipamiento adecuado y actualizado en los laboratorios de enseñanza y aulas de Física, debido principalmente a los altos costos de adquisición de estos materiales, se desarrolló este proyecto para transformar y adaptar una sencilla instalación experimental, que ya existía en el laboratorio de Física del ICET (Instituto de Ciencias Exactas y Tecnología) de la Universidad Federal de Amazonas. La instalación servía para estudiar la caída libre de los cuerpos y determinar la aceleración de la gravedad, midiendo los tiempos de caída, pero ya presentaba errores en el funcionamiento de su temporizador electrónico. Toda la parte electrónica del dispositivo original; consistente en una fuente estabilizada, un cronometro de dos canales con dos sensores fotoeléctricos; fue sustituida completamente por una placa Arduino, dos sensores fotoeléctricos compatibles con la nueva fuente de alimentación y un programa de computación que permite la captura automatizada de datos y que el valor de la aceleración de la gravedad sea determinado de forma directa. El paso a paso del uso de la instalación para realizar el experimento, los detalles del circuito implementado y el código de programación desarrollado se ponen a disposición en este documento, con el objetivo de ayudar a los estudiantes y profesores de Física interesados en reproducir esta iniciativa en sus respectivas universidades.

**Palabras-clave:** Enseñanza de Física, Arduino, Educación, Experimento.

### **Introdução**

O presente artigo descreve a adaptação de uma instalação experimental para determinar a aceleração da gravidade de forma automatizada usando a Plataforma Arduino.

A realização desta tarefa aconteceu no marco de um projeto desenvolvido por estudantes do curso de Licenciatura em Ciências: Matemática e Física, dentro do Programa Atividade Curricular de Extensão (PACE) da UFAM. O projeto consistiu na elaboração de apostilas didáticas para o ensino da Física, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior, com o objetivo de auxiliar alunos e professores dessa área, na tão procurada e sempre

pretendida, porém, difícil de conseguir, aprendizagem significativa, como indicado pela pesquisadora Moreira, M. P. C e colaboradores (Moreira *et al.*, 2018).

Dos Santos (2022) argumenta em sua dissertação, sobre as atividades experimentais que:

As atividades experimentais em sala de aula, tem por objetivo dinamizar a apresentação dos conteúdos, bem como, tornar as aulas mais atrativas e possibilitar ao aluno formar uma ponte entre o conhecimento teórico e simular com material de baixo custo com vista ao alcançar uma aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados.

O incentivo para utilizar o Arduino veio de vários fatos: o primeiro deles é por ser esta plataforma de baixo custo, de código aberto, de relativamente fácil compreensão e ser muito versátil quanto à sua adaptação para diferentes tipos de instalações e para o estudo de variados fenômenos (Santos, 2014, p. 13), (Moreira *et al.*, 2018, p. 727); outro fato é que as instalações existentes para o estudo do fenômeno da queda livre nos laboratórios do ICET foram compradas há mais de dez anos e os seus cronômetros digitais estão apresentando falhas contínuas, o que está prejudicando o trabalho docente dentro desses laboratórios. Pode-se agregar que essas instalações têm preço aproximado de R\$ 3.000,00 (Três mil reais) no mercado brasileiro; entanto que um Arduino, junto com os acessórios necessários para automatizar uma instalação já existente, tem um custo atual aproximado de R\$200,00 (duzentos reais). Talvez o fator mais importante esteja relacionado com o seu caráter motivador para os estudantes, pois o Arduino, além de ser utilizado para fins experimentais na área de Física, possui múltiplas funcionalidades relacionadas com o dia a dia dos alunos, por exemplo quando ele é usado conjuntamente com sensores de aproximação em sistemas de alarme, sensores de luz em sistemas automatizados de iluminação predial etc. e daqui a importância de utilizar a tecnologia para fins educacionais, como é amplamente comentado por pesquisadores da área da educação como Martinazzo (2014), Moura (2019) e Fernando (2017), em relação ao uso das novas tecnologias.

Em relação ao Ensino de Física (Martinazzo, 2014, p. 24), o Arduino possui grande aplicabilidade, pois é capaz de ler, por meio de sinais elétricos, qualquer fenômeno físico, entre eles estão: aceleração, movimento uniformemente variado, oscilação, resfriamento, evaporação e queda dos corpos. Assim como a tecnologia vem se transformando e mudando a cada dia, a Educação também está se moldando, um desses exemplos é o ensino da Física

utilizando o Arduino. Então, segundo Moura (2019, p. 270) e Fernando (2017, p. 1), não se pode considerar algo “novo” levar a tecnologia para as salas de aula com intuito de facilitar o entendimento dos assuntos abordados nas disciplinas, sejam elas exatas ou não, a necessidade tornou-se precisa, uma vez que a maioria dos docentes optam por não trabalhar mais com métodos tradicionalistas e essas outras opções são fundamentais para garantir que a educação também avance.

Segundo Martinazzo (2014, p. 22)

Muitas pesquisas em ensino de Ciências, genericamente expressando, e em particular no ensino de Física, têm sido feitas com o intuito de incorporar cada vez mais a tecnologia e a informação em metodologias para tornar o ambiente escolar mais contextualizado e atrativo para o aluno. A internet é uma fonte quase inesgotável de informações, tanto para o professor quanto para o aluno.

É fundamental, repassar para esses alunos que a Física não se resume apenas as fórmulas, definições e cálculos, ela pode ser abrangente, ter contato com o mundo transversal e a partir dele ser ensinada com certa facilidade para aqueles que possuem interesse no seu mundo e, “com a tecnologia isso se torna ainda mais possível, pois a geração dos alunos é mais conectada com as tecnologias que vem se transformando” (Menezes, 2009, p. 34).

### O Experimento de queda livre

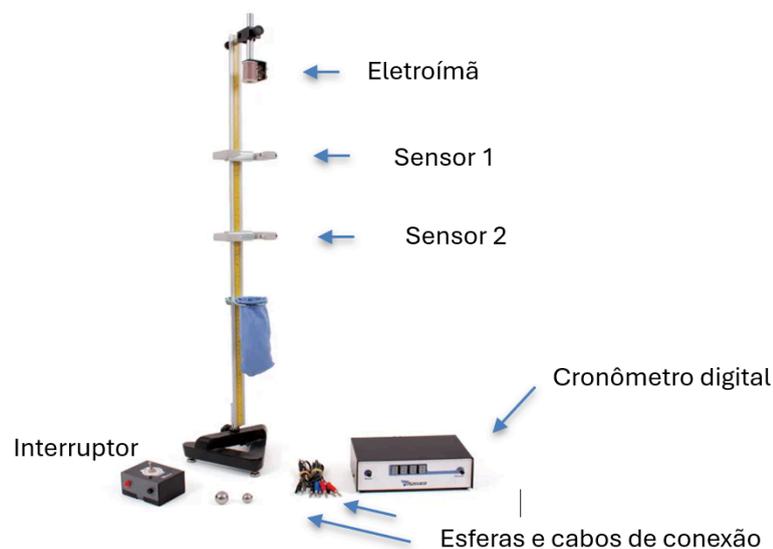
Durante a “queda livre” um objeto cai com um tipo de movimento que em determinadas condições experimentais, nas quais o atrito com o ar possa ser considerado como desprezível; pode ser considerado como um Movimento Uniformemente Variado (MRUV), com aceleração constante igual à aceleração da gravidade, comumente representada com a letra **g** e, para todos os fins práticos, considera-se o valor **g = 9,8 m/s<sup>2</sup>**, mas o valor de **g** varia ligeiramente com a latitude e com a altitude, ou seja, de lugar para lugar (Halliday, 2000, p. 45).

No projeto foram aproveitadas várias partes de uma instalação original comprada da empresa AZEHEB vários anos atrás, cuja imagem pode ser vista na Figura 1. Nessa instalação o eletroímã serve para manter uma esfera de aço presa até o início do processo de medição.

Nessa instalação o eletroímã serve para manter uma esfera de aço presa até o início do processo de medição. A instalação possui, além da parte física, consistente num suporte universal com braçadeiras e uma sacola; um sistema eletrônico formado por uma fonte de alimentação de 12 volts, um cronômetro digital, sensores que detectam a passagem de um corpo e um interruptor, todos acoplados de forma que ao abrir o circuito elétrico que alimenta

o eletroímã, inicia-se a medição do tempo com o cronômetro digital. A partir da coleta dos dados de tempo, os alunos determinam o valor da gravidade.

Figura 1: Instalação experimental original para o estudo da queda livre.



Fonte: AZEHEB (2013).

No desenho experimental, usam-se as equações do MRUV (eq. (1) e eq. (2)) para relacionar as distâncias percorridas pelo corpo em queda livre, com os tempos gastos até esse corpo (uma esfera de aço) passar pelos sensores 1 e 2 respectivamente, indicados na Figura 1.

$$y_1 = y_0 + v_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 \quad (1),$$

e

$$y_2 = y_0 + v_0 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2 \quad (2).$$

Estas equações podem ser simplificadas ao fazer uma boa seleção do sistema de coordenadas usado como referencial. Tomando como ponto de referência inicial a posição em que a esfera está conectada com o eletroímã (Figura 1), atribui-se à posição inicial  $(y_0)$  o

valor zero, ou seja,  $y_0 = 0$  e selecionando o eixo como positivo com sentido para baixo, consegue-se que todos os termos das equações anteriores fiquem com sinal positivo (Ramalho, 2011, p. 78). Por outro lado, como a esfera inicialmente se encontra em repouso, antes de ser aberta a chave do eletroímã que libera a esfera, a velocidade inicial ( $v_0$ ) iguala-se a zero, isto é,  $v_0 = 0$

É muito importante destacar que não é possível medir com boa precisão os tempos decorridos durante o deslocamento da esfera desde o eletroímã até o sensor 1, isto é, o intervalo de tempo  $t_1$ , pois quando o circuito que alimenta o eletroímã é aberto a esfera não é liberada instantaneamente pelo eletroímã, por causa de magnetismo remanente, mas o cronômetro inicia a contagem do tempo a partir do momento em que o circuito do eletroímã é aberto, introduzindo uma fonte de erro, de tipo sistemático, apreciável nos resultados das medições. Desta forma, as equações (1) e (2) não podem ser aplicadas diretamente, mas existe uma alternativa para contornar esse problema. Já que o intervalo de tempo entre as passagens da esfera frente aos sensores 1 e 2 ( $t_2 - t_1$ ) é independente desta fonte de erro, a alternativa consiste em obter uma expressão que relacione o valor da gravidade com a diferença entre  $t_2$  e  $t_1$ . A seguir, se explica esse procedimento.

Considerando  $y_0 = 0$  e  $v_0 = 0$  nas equações (1) e (2) obtém-se:

$$y_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \rightarrow t_1^2 = \frac{2y_1}{g} \rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2y_1}{g}}$$

$$y_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 \rightarrow t_2^2 = \frac{2y_2}{g} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2y_2}{g}}$$

Assim:

$$t = t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{2y_2}{g}} - \sqrt{\frac{2y_1}{g}} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2}{g}}(\sqrt{y_2} - \sqrt{y_1}) \rightarrow$$

$$\sqrt{g} = \frac{\sqrt{2}(\sqrt{y_2} - \sqrt{y_1})}{t}$$

Elevando a última equação ao quadrado, tem-se:

$$g = \frac{2(\sqrt{y_2} - \sqrt{y_1})^2}{t^2} \quad (3)$$

Desta forma, através da equação (3) (Piasse, 2019, p. 113), pode encontrar-se um valor da gravidade que não está afetado pelo erro sistemático relacionado com o tempo de retardo introduzido na liberação da esfera pelo eletroímã, pois ela permite relacionar o intervalo  $t = t_2 - t_1$ , que pode ser medido com boa precisão, com as distâncias  $y_1$  e  $y_2$ , que também podem ser medidas com precisão aceitável de maneira direta na instalação.

## A Plataforma Arduino

A Plataforma Arduino está composta por uma placa Arduino (Figura 2) que é um microcontrolador com hardware de Código aberto e uma linguagem de programação padrão, onde podem ser programadas interações de entrada e saída entre dispositivos/componentes externos de forma analógica e digital, tornando assim os projetos muito personalizáveis (Ferdinando, 2023, p. 14).

A plataforma Arduino tem uma grande vantagem em relação a outras plataformas, pois a simplicidade de utilização permite que pessoas sem um conhecimento técnico anterior consigam aprender a essência da plataforma relativamente rápido. Para a criação dos programas, nomeados de Sketchs em inglês, é utilizado o ambiente de programação integrado do Arduino, conhecido como Integrated Development Environment (IDE) pelas suas siglas em inglês, que utiliza uma linguagem baseada em C++ que é projetada para ter a codificação o mais simples possível (Chavier, 2013, p. 4). Uma IDE é um ambiente de desenvolvimento integrado, onde o desenvolvedor tem a possibilidade de construir seus códigos, depurar e executar os mesmos.

Figura 2: Foto mostrando uma placa Arduino UNO



Fonte: Electrogeek (2024).

Esta placa pode ser alimentada por uma fonte de corrente contínua de até 12 volts, ou através de uma conexão USB diretamente com um computador. Quando a placa é alimentada, ela serve também como uma fonte, fornecendo tensão de 5 Volts num dos seus pinos e 3,3

Volts em outro dos pinos, assim como outros três pinos com tensão de referência, ou terra, com tensão “teórica” de zero volts, com o termo correspondente em inglês Ground (GND) frequentemente usado (Castro, 2016, p.27). Neste experimento a placa Arduino é alimentada via USB por um computador.

O material exposto está distribuído da seguinte forma: Título; Resumo, comentando pontos essenciais como objetivo e aportes do projeto desenvolvido; uma seção introdutória para fundamentar epistemologicamente o assunto abordado, tanto desde o ponto de vista didático quanto desde o ponto de vista da Física e da eletrônica computacional; uma seção dedicada à descrição dos elementos substituídos e dos elementos aproveitados, no processo de automação da instalação experimental; outra seção explica a montagem detalhada do circuito; e as últimas seções mostram uma lista dos materiais necessários e o procedimento experimental, junto com o Código de programação para a IDE do Arduino.

## **2. Partes aproveitadas e partes substituídas na instalação original**

Da instalação original, mostrada na Figura 1, foram aproveitadas todas as partes mecânicas além do eletroímã, o interruptor e alguns dos cabos de conexão. Os sensores não puderam ser aproveitados porque os parâmetros de tensão e corrente que eles precisam para funcionar (fornecidos pela fonte original de 12 volts) não podem ser fornecidos pela Placa Arduino. O cronômetro digital de dois canais foi substituído por um sistema de aquisição automática de dados, usando a Placa Arduino e um computador.

Os sensores da instalação original foram substituídos por dois pares emissor-receptor mais modernos e menos consumidores de energia, comprados com o financiamento do projeto.

Figura 3: Imagem de uma par emissor-receptor



Fonte: Smartkits (2023).

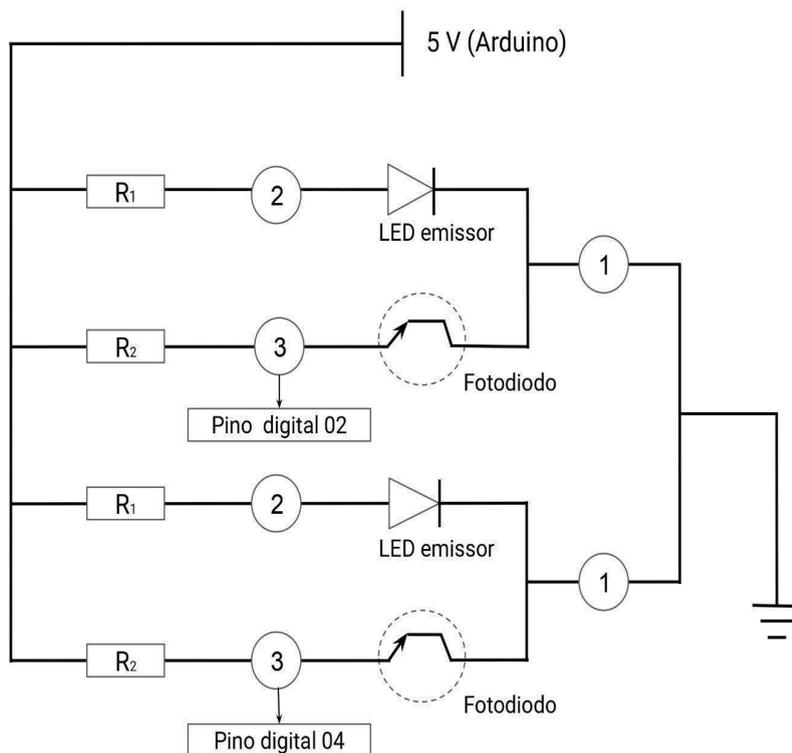
Basicamente, “o par” funciona da seguinte maneira: quando o fototransistor é iluminado pela radiação infravermelha (IR) que emite o Diodo Emissor de Luz (LED), ele

funciona como um condutor de corrente entre seus dois terminais e, quando não recebe essa radiação, o fototransistor, interrompe a passagem da corrente.

## 2. Montagem do circuito

O circuito geral, contendo dois circuitos básicos, é mostrado na Figura 4. Cada circuito básico contendo um par emissor-receptor corresponde a um sensor fotoelétrico para a detecção da passagem do objeto em queda. Os dois resistores, R1 e R2, limitam a intensidade da corrente que circula pelos dois circuitos básicos, para proteger os dispositivos eletrônicos. Neste caso os dois resistores identificados como R1 são de 330 ohms e os identificados como R2 são de 10 quiloohms.

Figura 4. Esquema geral do circuito montado no projeto.

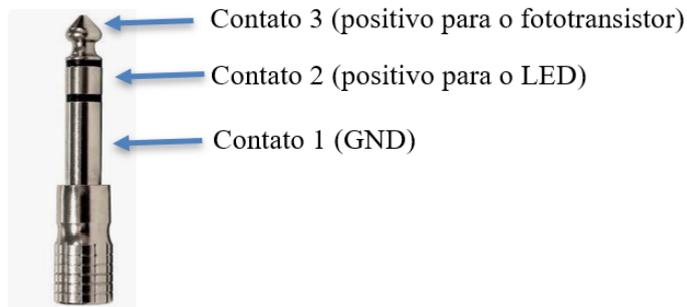


Fonte: Autores (2024).

Os círculos pequenos, contendo os números 1, 2 e 3, na Figura 4, indicam os pontos do circuito onde são acoplados os conectores dos pares emissor e receptor, especificamente os polos do conector “fêmea” (círculos pequenos contendo os números 1, 2 e 3) que aparece na imagem (b) da Figura 6.

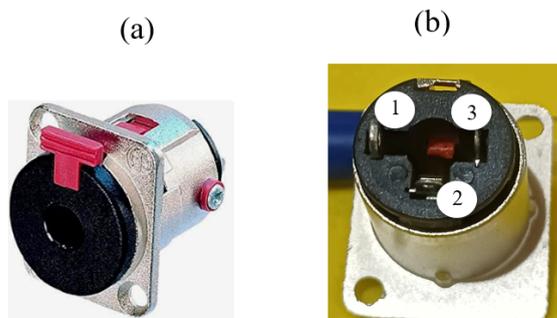
Nesta montagem foram utilizados os plugs (conectores machos) da instalação original, entanto que os conectores “fêmeas”, para esses plugs, foram comprados para não afetar o cronômetro que acompanha a instalação original. Os plugs e conectores fêmeas utilizados são estereofônicos (Ver Fig. 5 e 6 respectivamente), porque cada par emissor-receptor precisa de três contatos, como se mostra na Figura 4.

Figura 5. Plug (conector macho) estéreo, mostrando os três contatos, ou polos.



Fonte: CGTrader (2024).

Figura 6. Conector “Fêmea” Estéreo. (a) parte frontal do conector, (b) parte traseira. Em (b) cada polo tem um número ao lado, sendo que o número 1 é para a conexão à terra, o 2 é para o LED emissor e o 3 para o fototransistor.

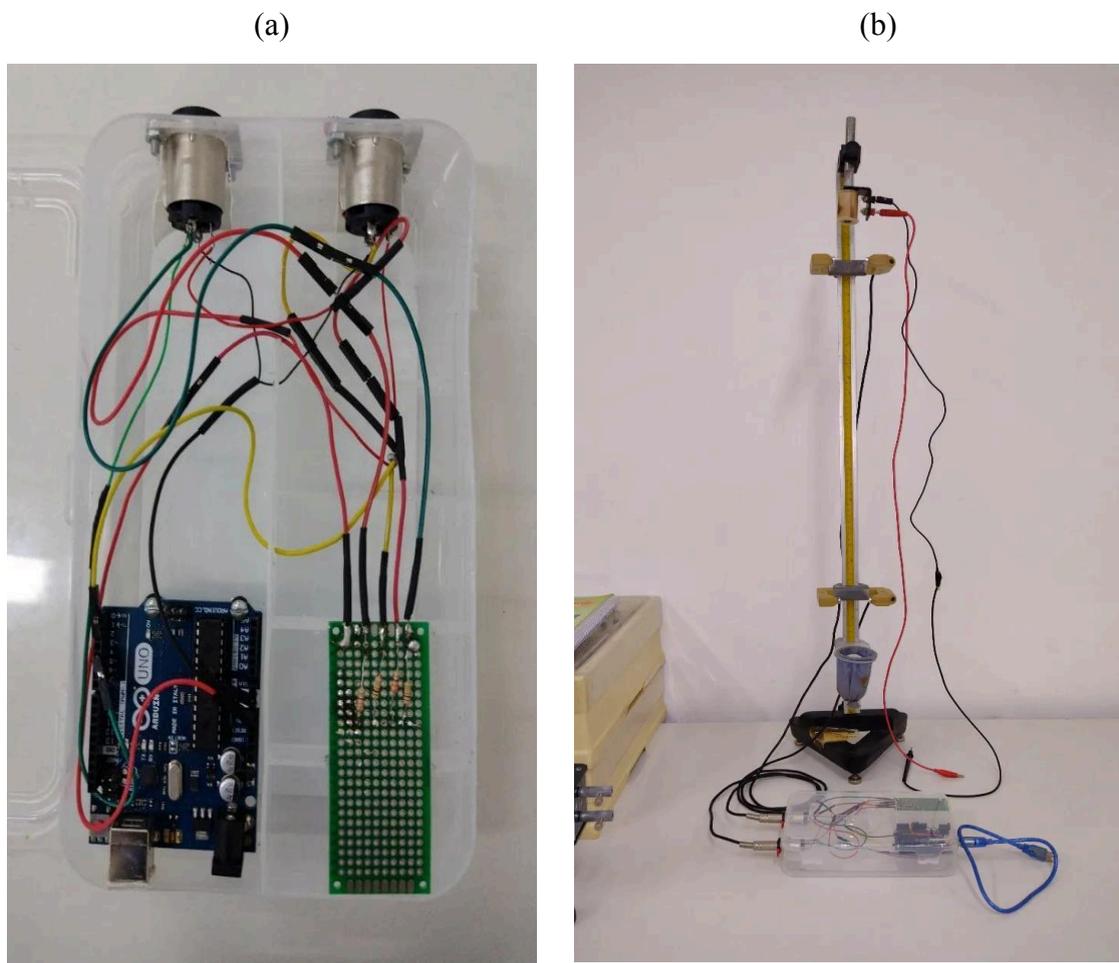


Fonte: Cirilo Cabos (2024), com adaptações feitas pelos autores.

O circuito da Figura 4, conjuntamente com o código criado na IDE do Arduino, mostrado na Seção “Código de Programação”, permite fazer as medições dos intervalos de tempo necessários para o cálculo da aceleração da gravidade. O circuito foi fisicamente montado numa placa e colocado, junto com a placa Arduino, e os encaixes fêmeas, dentro de um compartimento de plástico como se mostra na Figura 7 (a). Esse compartimento plástico consiste em uma caixinha organizadora, com uma tampa que abre e fecha mediante dobradiças e possui uma fechadura de pressão, de modo que o que está no seu interior pode ser acessado com facilidade, ao tempo que está tudo bem protegido contra possíveis danos

externos, como manipulação errada ou batidas. Para maior segurança, os conectores “fêmeas” foram parafusados no corpo do compartimento plástico, o que permite encaixar, e tirar, os conectores “machos” sempre que seja necessário, sem danificar os componentes dentro do compartimento. A Figura 7 (b) mostra a instalação completa para a realização do experimento. O cabo OTG, de cor azul, se conecta ao porto USB do computador, permitindo a alimentação da placa Arduino e a transferência de dados entre essa placa e o computador. O eletroímã se alimenta com um carregador de celular.

Figura 7- a) Foto mostrando o compartimento plástico com os componentes no seu interior: Arduino, circuito e conectores “fêmeas” b) Foto da instalação final para a realização do experimento.



Fonte: Autores (2024).

Os materiais utilizados e o procedimento experimental se indicam nas duas seções seguintes.

### **3. Materiais utilizados**

- A) Uma placa Arduino UNO,
- B) Um cabo OTG e vários jumpers,
- C) Uma placa para montagem de componentes eletrônicos, ou elétricos, dois resistores de  $330 \Omega$  e dois resistores de  $10 \text{ k}\Omega$ ,
- D) Dois pares emissor-receptor,
- E) Dois conectores machos e dois conectores fêmeas, todos de tipo estéreo,
- F) Um compartimento de plástico para acomodar os elementos do circuito,
- G) Um carregador de celular com um interruptor,
- H) Esferas de aço de vários diâmetros e uma sacola para receber as esferas em queda,
- I) Suporte da Instalação original, com as braçadeiras para os sensores e o eletroímã.

### **4. Procedimento experimental**

Para evitar erros durante a realização indicam-se alguns cuidados a tomarem, como a medição cuidadosa das distâncias entre a posição do eletroímã e a posição dos pares emissor-receptor, bem como o diâmetro da esfera que está sendo usada. O código de programação criado começa a contagem do tempo quando a parte inferior da esfera em queda, interrompe a passagem da radiação IR entre o emissor e o receptor e não quando o centro da esfera esteja entre o emissor e o receptor, como indicado pelo fabricante na versão básica original deste experimento. É muito importante tomar em consideração esta observação durante o procedimento experimental. A seguir, enumeram-se os passos a seguir durante o experimento (Amorim, 2010, p.67).

1. Conectar o cabo OTG a um porto USB do computador;
2. Iniciar a IDE do a Arduíno e abrir o código de programação para a queda livre;
3. Medir o diâmetro da esfera que vai ser usada no experimento. Podem ser várias esferas;
4. Medir as distâncias desde o eletroímã até os sensores 1 e 2;
5. Subtrair o diâmetro da esfera, que vai ser usada no experimento, das distâncias medidas no passo anterior e anotar esses dois resultados, em milímetros, para inseri-los manualmente quando o programa os pedir;
6. Ligar o eletroímã. Pode ser usado um carregador de celular para energizar o eletroímã;

7. Na IDE do Arduino, já no computador, definir: a placa (board) que está sendo usada (Arduino UNO) e o Porto Serial (Este porto vai depender do porto USB usado);
8. Carregar o programa na Placa Arduino;
9. Abrir o Monitor Serial para ver o programa “correndo”. Nesse instante, o programa pede os dados medidos e calculados no passo 5;
10. Depois de inserir os dados no passo anterior, pressionar a tecla “Enter”. O programa continua e calcula diretamente o valor da aceleração da gravidade, que aparece no Monitor Serial da IDE do Arduino.

Utilizando como base o código disponível no artigo “Proposta Didática Arduino para o ensino do conceito de gravidade a alunos com e sem deficiência intelectual” (ADMIRAL *et al.*, 2020, p. 42), foi desenvolvido, para a realização do experimento ora descrito, o seguinte código:

## 5. Código de programação.

```
// SKETCH: Determinação da aceleração da gravidade através da queda livre de corpos.
// DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS
int sensorSUP = 02;
int sensorINF = 04;
int l=0; // flag de leitura
float y1;
float y2;
float y1sqrt;
float y2sqrt;
float valy1;
float valy2;
float difalturas;
float difaltquadrad;
float tempoquad;
float gravidade;
float entrada[2]; // armazena dados de entrada

unsigned long startTime;
unsigned long stopTime;
```

```
void setup () {
  Serial.begin(19200);

  pinMode (sensorSUP, INPUT);
  pinMode (sensorINF, INPUT);
  Serial.println(" ");
}

void loop(){

  //***** Insere valores medidos *****/

  if (1 == 0){
    Serial.print("Digite os valores medidos em milímetros (separe os
valores por vírgula) e presione a tecla enter ");
    for (int i = 0 ; i <= 2 ; i++)
    {
      while (Serial.available () == 0)
      {}
      entrada [i] = Serial.parseFloat ();
    }

    y1=entrada[0];
    y2=entrada[1];
    Serial.println(" ");
    Serial.println("Os valores medidos foram:");
    Serial.println(y1);
    Serial.println(y2);

    Serial.println("Pronto para medir o valor da aceleração da gravidade,
deixando cair a esfera");
    Serial.println(" ");
    l=1;
  }

  //*****

  if (digitalRead(sensorSUP) == HIGH && digitalRead(sensorINF)
```

```
== LOW)
{
  startTime = millis();
}
if (digitalRead(sensorSUP) == LOW && digitalRead(sensorINF
) == HIGH)
{
  stopTime = (millis() - startTime);
  Serial.print("Tempo de queda = ");
  Serial.print(stopTime);
  Serial.print(" milisegundos");
  Serial.println(" ");
  valy1 = y1/1000; // Associa o valor introduzido para a coordenada y1 à
variável valy1, já em metros
  valy2 = y2/1000;
  y1sqrt = sqrt(valy1); // Calcula a raiz quadrada de y1
  y2sqrt = sqrt(valy2);
  difalturas = y2sqrt - y1sqrt; // Diferença das raizes das alturas
  difaltquadrad = difalturas * difalturas; // Diferença das raizes das
alturas elevada ao quadrado
  tempoquad = float(stopTime * stopTime); // Quadrado do tempo de queda
  gravidade = float ((2.0 * difaltquadrad) / tempoquad);
  gravidade = gravidade * pow(10.0, 6);

  Serial.println(" ");
  Serial.print("Gravidade = ");
  Serial.print(gravidade);
  Serial.print(" m/s2");
  Serial.println(" ");

  delay(100);
  Serial.print("Pronto para próxima medida");
  Serial.println(" ");
  l=0;
}
}
```

## **Considerações finais**

O projeto de transformação de uma instalação experimental, aproveitando sua parte física e substituindo sua parte eletrônica por um circuito elaborado no ICET, que permite a utilização da Plataforma Arduino com suas correspondentes vantagens, como a possibilidade de realização de captura automatizada de dados, foi muito bem-sucedido. A instalação transformada foi apresentada para públicos variados, com a participação de alunos e professores de Física da rede estadual de ensino, como parte conclusiva de um projeto de extensão universitária e no marco da Semana Nacional da Ciência e da Tecnologia de 2023, sendo sempre muito bem avaliada.

Finalmente, em relação à transformação realizada pode-se concluir que:

- A nova instalação, por incluir técnicas atuais de processamento de informação, aumenta a motivação de alunos e professores para o ensino e a aprendizagem da Física,
- A transformação realizada possibilita uma redução apreciável de custos no processo de atualização do equipamento dos laboratórios de Física,
- A transformação de instalações deste tipo nos laboratórios de Física; como pêndulos, planos inclinados, trilhos de ar e outros similares; é relativamente fácil de realizar.

## **Agradecimentos**

Agradecimento especial ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), pelos espaços laboratoriais cedidos, para que fosse possível desenvolver os experimentos, à FAPEAM pelos recursos destinados para a obtenção dos materiais utilizados, ao Professor Wagner Gomes Rodrigues Junior pela ajuda com o aprimoramento do código de programação e ao Professor Lúcio Fábio Pereira da Silva por incentivar e apoiar em todo momento a realização de projetos deste tipo.

## **Referências**

ADMIRAL, Tiago Destéffani; CUNHA, Isabela da Silva; CARMO, Lucas Poubel Timm do. Proposta didática utilizando arduino para o ensino do conceito de gravidade a alunos com e sem deficiência intelectual. **Ensino em Foco**, Bahia, v. 3, n. 7, p. 35-48, 2020.

AMORIM, Hélio; BARROS, Susana. **Instrumentação para o Ensino da Física 1 e 2**. Volume único. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ / Consórcio Cederj, 2010.

CASTRO, Luis Henrique Monteiro de. **O uso do Arduino e do Processing no Ensino de Física**. 2016. 182 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

CHAVIER, Luís Fernando. **Programa para Arduino - Primeiros Passos. Conceitos iniciais de programa para Arduino**, 2013.

DOS SANTOS, Romeu Botelho. **Aprendizagem Significativa em Física: experimentos de baixo custo**. Editora Dialética, 2022.

FELISARDO, Raul José Alves et al. Uso do Arduino como ferramenta de prototipagem para desenvolvimento de dispositivos automáticos: uma revisão. **Caderno de Graduação -Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, Aracaju, v. 8, n. 1, p. 11-26, 2023.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física: Mecânica. Volume 1** . Grupo Gen-LTC, 2000.

MARTINAZZO, Claodomir Antonio *et al.* Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. **Revista Perspectiva**, v. 38, n. 143, 2014.

MENEZES, Ana Paula Sá et al. **História da Física aliada as tecnologias de informação e comunicação: Organizador Prévio como uma Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Física na Educação Básica**. 2009. 204 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia) – Universidade Estado do Amazonas, Manaus, 2009.

MOREIRA, Michele Paulino Carneiro *et al.* Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Ceará, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

MOURA, Fábio Andrade *et al.* Ensino de Termometria e Tecnologias de Inovação: realidade e possibilidades de uma prática educacional usando Arduino. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 5, n. 10, 2019.

PIASSI, Amanda Resende; DE OLIVEIRA, Samuel; DE SOUZA, Daniel Alves. Análise da abordagem matemática do tema queda dos corpos nos principais livros de física

elementar utilizados nas licenciaturas em física no brasil. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, n. 3, p.105-118, 2019.

RAMALHO Jr., F.; NICOLAU, A. M.; TOLEDO, N. C. de. **Fundamentos de Física** 1. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2011.

SANTOS, Elio Molisani Ferreira. **Arduino: uma ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no ensino médio**. 2014. 192 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física), Instituto de Física - Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.