

Proposta para o desenvolvimento de um multicronômetro de baixo custo utilizando um detector de interferência

Leila Maria de Freitas Souza¹, Sara Guimaraes Negreiros², Glaydson Francisco Barros de Oliveira³, Francisco Ernandes Matos Costa⁴

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, leilafreitas159@gmail.com

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, sguimaraaes@gmail.com

³ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, glaydson.barros@ufersa.edu.br

⁴ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ernandesmatos@ufersa.edu.br

Resumo

O ensino de física no Brasil é cada vez mais dificultado pela falta de equipamento laboratoriais. Considerando esse déficit presente em diversas instituições públicas como um dos fatores agravantes para o avanço educacional, o presente trabalho traz uma proposta de desenvolvimento de um multicronômetro de baixo custo com uso de um microcontrolador didático, o ATmega328 na placa open-source arduino, e impressão 3D. O sistema cronometra o intervalo de tempo por meio da interceptação do feixe de luz que é refletido com o auxílio de espelhos planos e da estrutura tridimensional. Além disso, foram analisados alguns fenômenos físicos que explicam o funcionamento dos principais equipamentos utilizados como o sensor LDR (Light Dependent Resistor) e o laser. O estudo de refração e reflexão, é crucial para a compreensão dos dados coletados e para a elaboração dimensional da estrutura. Desse modo, observa-se a utilização de diversos métodos estruturais e montagens eletrônicas visando a viabilidade da execução deste projeto no ensino de Física.

Palavras-chave: arduino; óptica; multicronômetro.

Introdução

O desenvolvimento de projetos com materiais de baixo custo é bastante difundido no ensino de ciências exatas, pois objetivam ressarcir a ausência de equipamento laboratoriais na maioria das instituições públicas do país. Neste trabalho buscou-se analisar a viabilidade do desenvolvimento de um multicronômetro de laboratório com, principalmente, o uso de arduino e impressão 3D.

Por ser *open-source*, ou seja, é uma plataforma de computador livre, o arduino é acessível para qualquer pessoa. Além disso, este dispositivo é bastante utilizado atualmente, pois possui uma vasta área de aplicação na automação (MC ROBERTS, 2011). Há, ainda, uma ampla comunidade criando e aprimorando diversos projetos tecnológicos. Além disso, o estudo de Ótica e aspectos da Mecânica Quântica foram cruciais para o desenvolvimento das estruturas e compreensão dos equipamentos utilizados.

Funcionamento do laser

O desenvolvimento de teorias que expliquem o funcionamento da natureza mostrou-se ser uma característica intrínseca dos seres humanos. As discussões acerca do átomo, que explicam o funcionamento do laser, mostram as diversas teorias propostas a fim compreender o real fenômeno físico.

Rutherford em 1911 propõem o átomo constituindo-se por um núcleo positivo com elétrons percorrendo órbitas circulares ao seu redor. Com a teoria moderna da eletricidade e magnetismo, esses elétrons iriam emitir energia constantemente devido ao movimento acelerado que é realizado. Desse modo, a raio de sua órbita iria diminuir gradativamente até que os elétrons se chocasse com o núcleo. Assim, não haveria mais a existência de um átomo (YOUNG; FREEDMAN, 2008).

Suprindo essa discordância, em 1913 Bohr sugere que os elétrons transitam em órbitas circulares sem a emissão de energia, porém, ao transitar de uma órbita interna para uma externa ou de uma externa para a interna ele irá absorver ou emitir energia, respectivamente. A esse processo de absorção ou emissão de energia associamos os fótons, ou seja, as partículas que transmitem a radiação eletromagnética (YOUNG; FREEDMAN, 2008).

Os dois processos citados são tidos como espontâneos, ocorrem sem necessidade de um agente externo. Por outro lado, é comum que os elétrons estejam inseridos em uma órbita que necessite de mais energia que a sua. Assim, estão propensos a emitirem radiação eletromagnética e reduzirem o raio de sua órbita. Esse processo, entretanto, costuma ser demorado. Para estimular o decaimento energético desse elétron, é emitido um fóton que o faz passar para uma órbita menor e emitir também um fóton idêntico ao que estimulou o elétron (BAGNATO, 2001). Desse modo, originam-se dois fótons que serão responsáveis por outras emissões estimuladas. Após as diversas ocorrências desta ação, temos um conjunto de fótons, todos idênticos entre si. Esse conjunto representa a ocorrência do surgimento de um feixe de luz - o laser.

O laser possui em sua constituição um meio ativo que contém os átomos e moléculas em estado de excitação. Este meio ativo pode ser gasoso, líquido ou sólido. Por meio de um agente externo energia é fornecida ao sistema e os átomos adquirem elétrons em estados excitados. Após o início da emissão estimulada, surgem os primeiros fótons cujo uso de espelhos possibilita a realização de múltiplas reflexões. Por fim, esses fótons ultrapassam uma abertura denominada ressonadores ópticos e como tem-se um alto quantitativo dessas partículas é possível observar a formação de um feixe de luz (BAGNATO, 2001).

Estudo com o arduino e o sensor LDR

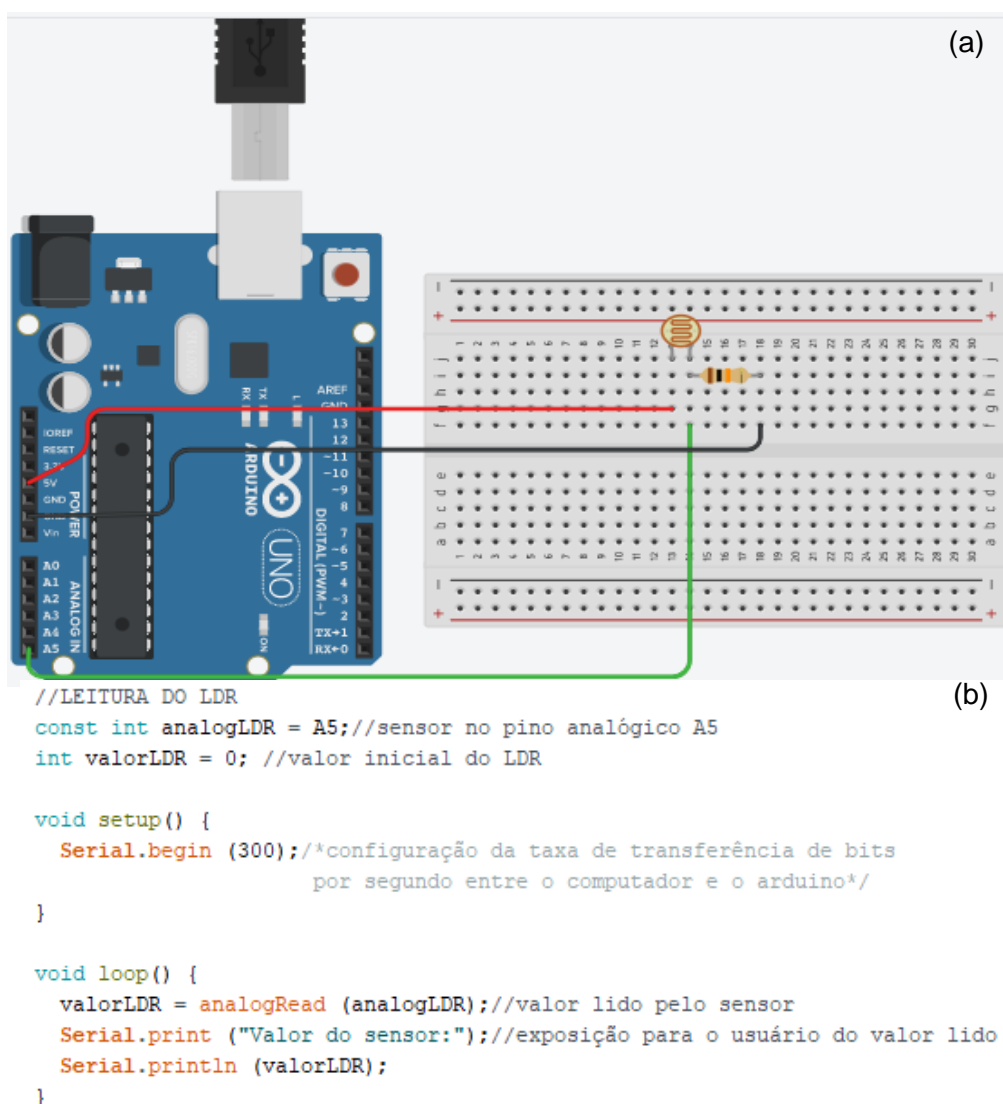
O arduino consiste em um dispositivo de entrada/saída e *opensource*. Sua linguagem de programação é similar a C/C++ e pode ser realizada via IDE (*Integrated Development Environment* - Ambiente de Desenvolvimento Integrado) (MC ROBERTS, 2011). Atualmente o uso desse equipamento é bastante difundido para amadores e projetos de automação básica.

Um sensor LDR (*Light Dependent Resistor* – Resistor dependente da luz) é basicamente um resistor elétrico que varia conforme a incidência da luz. Para uma

luminosidade alta, tem-se uma baixa resistência enquanto que uma baixa luminosidade leva a uma resistência alta. A composição desse componente eletrônico é o sulfeto de cádmio. Associado ao efeito fotoelétrico, esse semicondutor ao possuir incidência de luminosidade (radiação eletromagnética) tem ruptura das ligações dos elétrons entre os átomos. (MC ROBERTS, 2011).

Com a absorção dessa energia carregada pelos fótons os elétrons que antes participavam das ligações atômicas agora são elétrons livres e proporcionam uma condução cada vez maior no material. No arduino, a leitura da luz incidente em um LDR é obtida com a montagem do circuito na Figura 01 (a). Neste, conectamos em uma protoboard um resistor de 10k Ω , o próprio sensor e alguns cabos auxiliaram na conexão com o arduino. Além disso, pelo código da Figura 01 (b) é possível coletar os dados do sensor com uma escala que varia de 0 a 1023, aumentando de acordo com a luminosidade.

Figura 01: (a) Montagem do circuito; (b) Código para obtenção de dados.

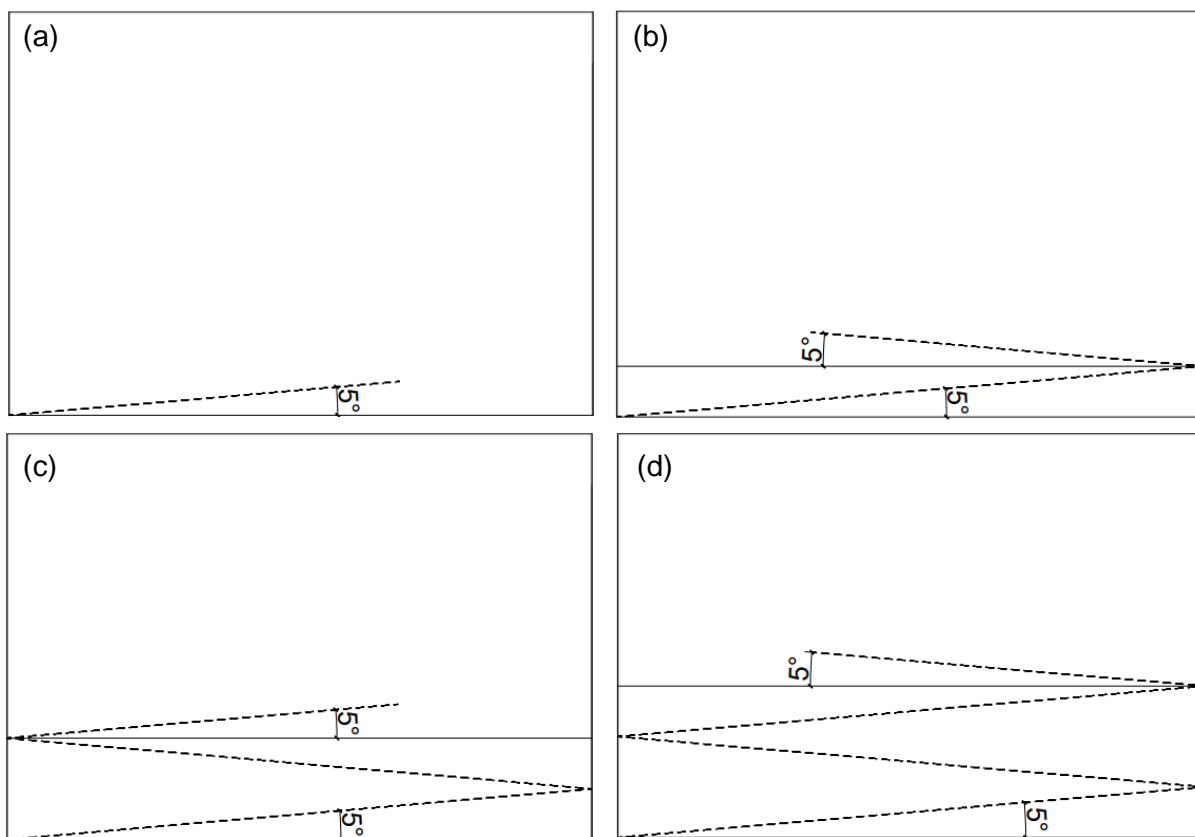


Fonte: Própria dos autores

Estudo de refração e reflexão

Diante das características reflexivas do espelho plano, temos que a incidência de um raio laser implicará na reflexão desse feixe. Consecutivas reflexões podem ser realizadas desde que se tenha um outro espelho paralelo ao primeiro e que o laser tenha sua inclinação calibrada para isso. Por outro lado, em cada incidência o feixe de fótons interage com a matéria, isto é, perde sua intensidade gradativamente. Na Figura 02 (a)-(d) temos a caracterização de alguns casos específicos com a luz laser sendo representada pela linha pontilhada e os espelhos pelas duas linhas verticais paralelas que possibilitam que esta seja refletida em um ângulo de 5° com a horizontal.

Figura 02: (a) Nenhuma reflexão no feixe do laser; (b) Uma reflexão no feixe do laser; (c) Duas reflexões no feixe do laser; (d) Três reflexões no feixe do laser.



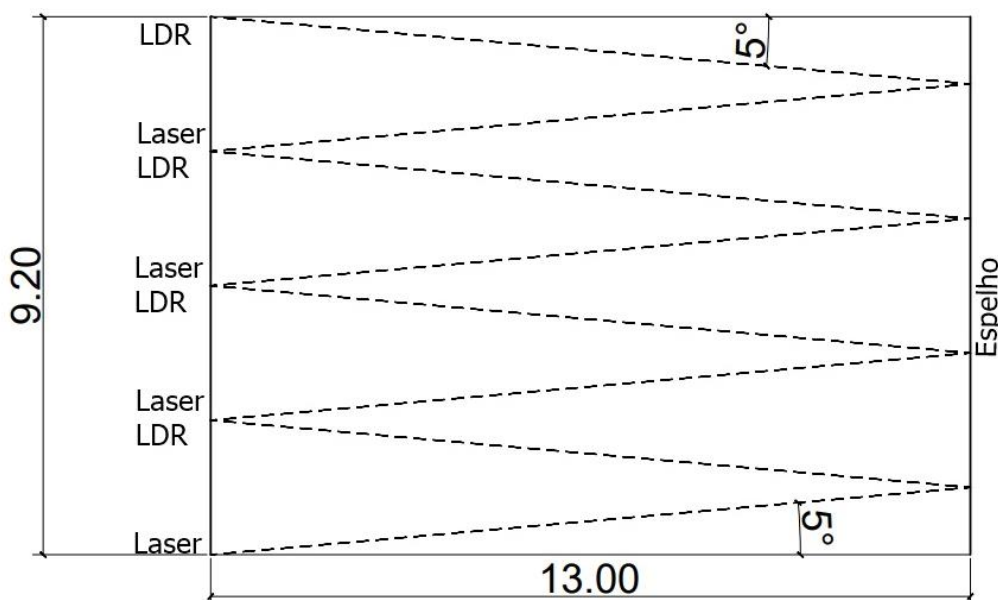
Fonte: Própria dos autores

Na Figura 02 (a) não há nenhuma reflexão, logo, temos a medição direta da luminosidade. Ainda assim, há interação dos fótons com o ar, porém, por possuir pouca interferência no valor obtido, ela é desconsiderada. Já nas Figura 02 (b)-(d) temos uma, duas e três reflexões, respectivamente. Em cada uma destas parte do laser é refletido enquanto outra parcela é absorvida pelo espelho. Desse modo, para cada reflexão temos uma diminuição da luminosidade, pois a interação com o meio (espelho) passa a interferir de modo considerável. Com base nisto, e sabendo que a medida do LDR para o ambiente foi de 580, montamos a Tabela 01.

Tabela 01: Dados coletados de acordo com o número de reflexões do laser.

<i>Reflexões</i>	<i>Medida do LDR</i>
0	1000
1	990
2	960
3	940

Com base nesses dados definimos que para o nosso sistema os lasers com o LDR's devem ser acoplados de modo a fornecer uma área mínima de 13 cm por 9,2 cm. Com essas dimensões e um ângulo de 5° com a horizontal para a luz laser obtemos a Figura 03 com a esquematização dimensional, em centímetros, do projeto. Da base surge um feixe de luz do laser que é refletido e incide no LDR, o mesmo processo ocorrem mais três vezes até que o laser incida no último LDR.

Figura 03: Diagrama da montagem da localização dos sensores LDR, laser e espelho.

Fonte: Própria dos autores.

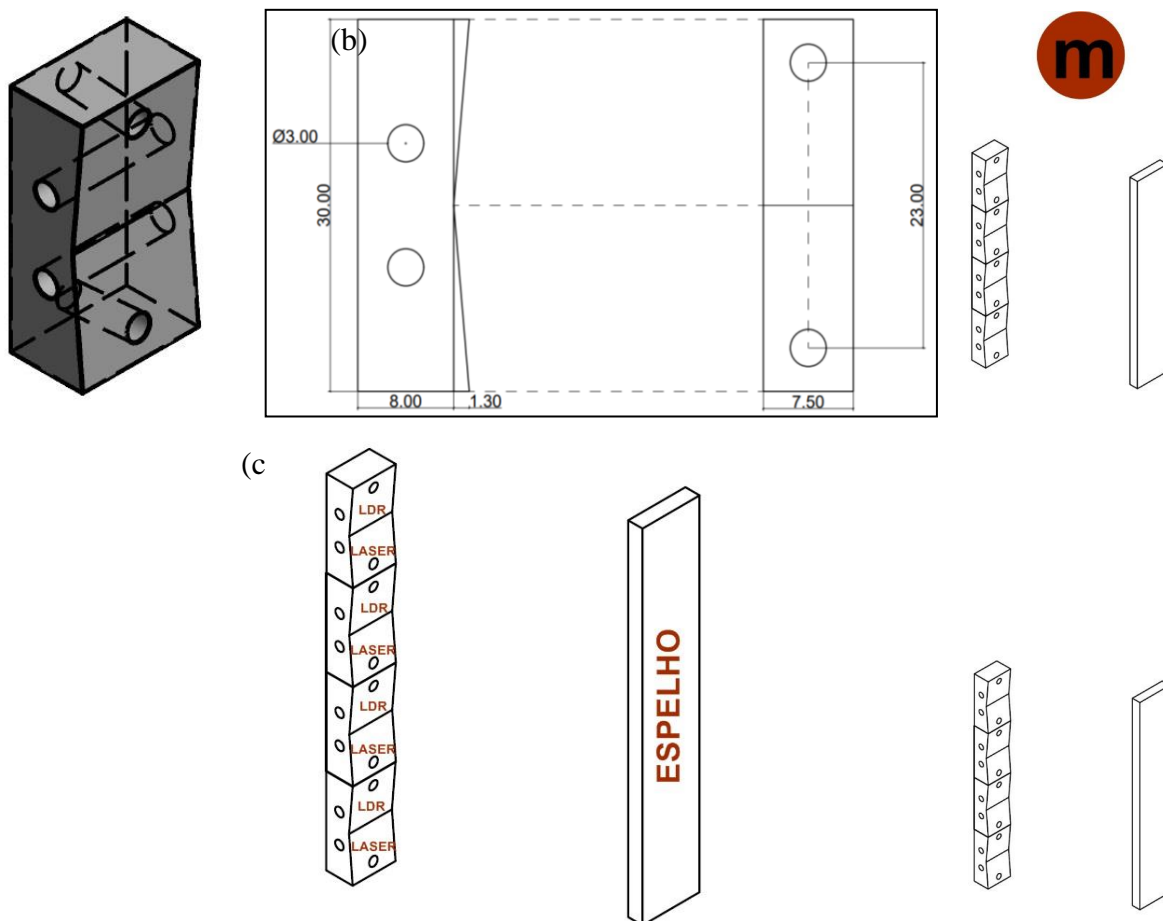
Esboço estrutural do multicronômetro e sua aplicação no movimento de queda livre

Em diversos fenômenos físicos, a medida de tempo é indispensável para a análise. Em um pêndulo físico ou um pêndulo simples é necessário medir o tempo decorrente de uma oscilação. Por outro lado, na mecânica clássica precisa-se dessa medida ao tratarmos de um objeto em queda livre ou do tempo para mais de um estágio no movimento oblíquo.

Na busca por ressarcir essa necessidade e com base em todos os estudos realizados nas seções anteriores obtivemos a Figura 04 com a descrição dos trabalhos finais. Nela temos a Figura 04 (a) com uma montagem que ilustra o equipamento montado para alocarmos o laser e o sensor LDR. A Figura 04(b) ilustra as vistas da estrutura. A Figura 04 (c) ilustra como ocorre a disposição dos lasers e

LDR's e na Figura 04 (d) é apresentada a alocação de dois conjuntos dessas estruturas, cada um com quatro, para coletarem um intervalo de tempo no movimento de queda livre.

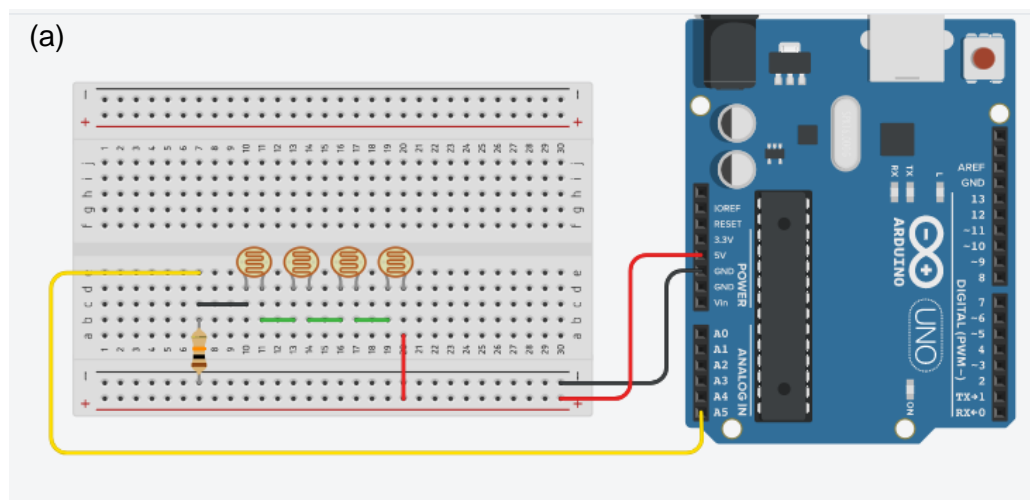
Figura 04: (a) Estrutura para o laser e o LDR; (b) Vista lateral e vista frontal da estrutura (a); (c) Arranjo de 4 estruturas apresentadas em (a) para fixação de 4 lasers e 4 LDR's; (d) aplicação da estrutura.



Fonte: Própria dos autores

No arduino, cada sensor LDR deve ser conectado a um terminal analógico, porém, precisamos de quatro sensores para cada estrutura da Figura 04 e no arduino temos apenas 6 terminais. Para evitar o uso de muitos terminais, é possível realizar a associação dos sensores em série (Figura 05 (a)). Desse modo, basta redefinir qual a luminosidade do LDR com o laser pelo código da Figura 01 (b) e determinar que para valores menores que o lido há o indício de que o feixe foi interrompido. Além disso, o código na Figura 05 (b) será utilizado para obtermos a variação temporal de determinado fenômeno físico com dois sistemas da Figura 04, sendo um para uma posição inicial e outro para a posição final.

Figura 05: (a) Associação dos sensores LDR em série; (b) Código para obtenção de uma variação temporal.



```
const int serieLDR1 = A5; // associação em série 1 dos sensores
const int serieLDR2 = A4; // associação em série 2 dos sensores
unsigned long tempo1;
unsigned long tempo2;
int valorLDR1 = 0;
int valorLDR2 = 0;
int tempo21 = 0;

void setup() {
    Serial.begin(9600); // taxa de transferência de bits
}

void loop() {
    valorLDR1 = analogRead(serieLDR1); // valor lido da associação 1
    if (valorLDR1 < 40) { // se a condição for verdadeira, o feixe de luz foi interrompido
        tempo1 = millis(); // Tempo desde o acionamento da plataforma
        delay(400); // Aguardo de 0,4 s para o próximo comando
    }

    valorLDR2 = analogRead(serieLDR2); // valor lido da associação 2
    if (valorLDR2 < 40) { // se a condição for verdadeira, o feixe de luz foi interrompido
        tempo2 = millis(); // Tempo desde o acionamento da plataforma
        tempo21 = tempo2 - tempo1; // medida da variação temporal
        delay(400); // Aguardo de 0,4 s para o próximo comando
    }

    Serial.print("Tempo do trajeto 21:"); // exposição para o usuário da variação temporal
    Serial.println(tempo21);
}
```

Fonte: Própria dos autores

Considerações finais

O desenvolvimento do multicronômetro é viável, pois, além de utilizar equipamentos de baixo custo e acessíveis, auxilia em diversas análises físicas. Entretanto, faz-se necessário alto grau de precisão nas medidas dos equipamentos. Além disso, é crucial a exposição dos conceitos físicos para que o discente realmente compreenda a análise fenomenológica por trás dos equipamentos utilizados. A utilização do arduino foi realizada também com o intuito de introduzir tecnologias modernas, componentes eletrônicos e métodos de automação.

Referências

- [1] BAGNATO, V. S. **Os fundamentos da luz laser**. Física na Escola, volume 2, nº 1, 4 (2001).
- [2] MC ROBERTS, Michel. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec Editora, 2011. 453 páginas.
- [3] YOUNG, Hugh D., FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. Volume 4, 10ª edição. São Paulo: Addison Wesley, 2003.