



## Difração da luz e a Constante de Planck com Arduino

### Montagem e execução do experimento

- I) Pegue um CD e retire a película protetora usando uma fita. Em seguida limpe-o com álcool para remover a parte remanescente da cola (Figura 1).

Figura 1: Retirada de parte da película de um CD.



Fonte: SILVA (2020).

- II) Coloque o prendedor de papel na borda do CD (Figura 2).

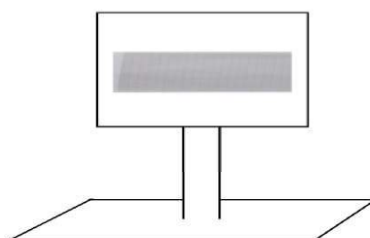
Figura 2: prendedores de papel (esquerda) e borda do CD fixa com o prendedor (direita).



Fonte: SILVA (2020).

- III) Cole um pedaço de papel milimetrado no anteparo conforme o exemplo da Figura 3.

Figura 3: Suporte e anteparo com o papel milimetrado

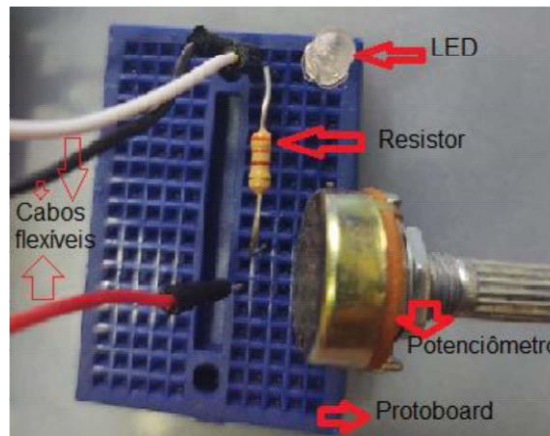


Fonte: SILVA (2020).



IV) Conecte o LED, o potenciômetro, o resistor e os cabos flexíveis na protoboard (Figura 4).

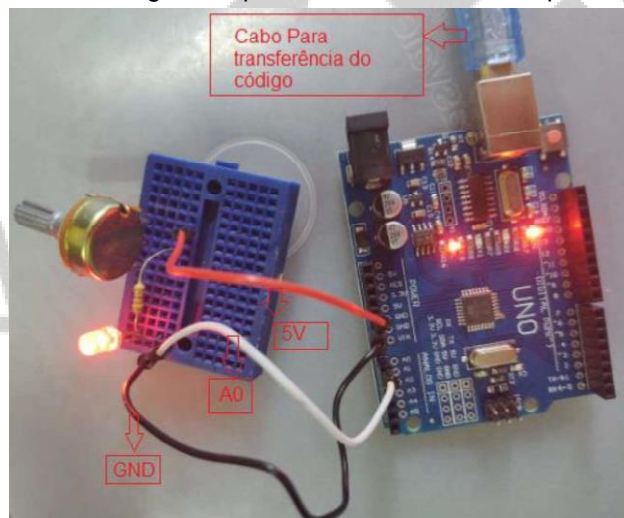
Figura 14: Montagem na protoboard.



Fonte: SILVA (2020).

V) Ligue a montagem feita na protoboard no Arduino (Figura 5).

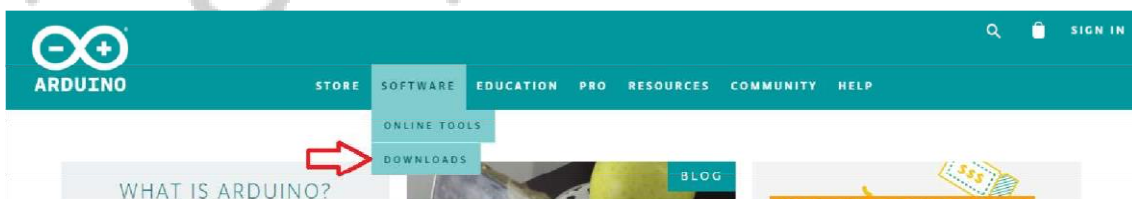
Figura 5: Montagem na protoboard conectada na placa Arduino.



Fonte: SILVA (2020).

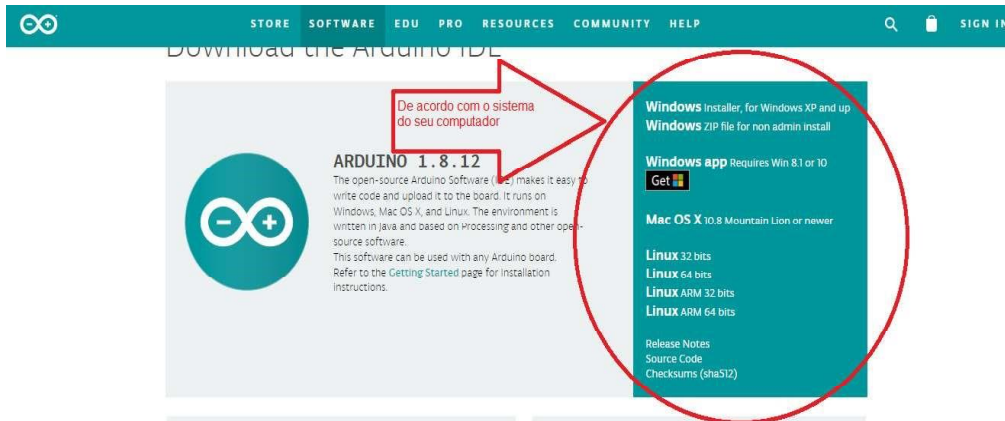
VI) Faça o download do aplicativo Arduino no endereço: <https://www.arduino.cc/>. Depois siga os passos abaixo:

1º passo: clique em Downloads.





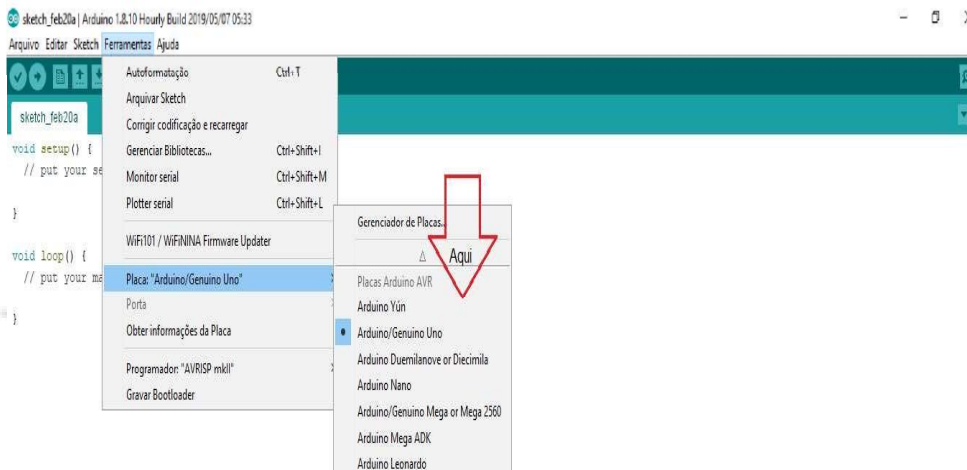
2º passo: escolha o sistema operacional.



3º passo: abra o programa na área de trabalho clicando duas vezes no ícone:



4º passo: selecione a placa que será usada.



5º passo: copie o código abaixo.

```
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck (Placa UNO)
int vled = A0 ;

float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts
void setup() {
  Serial.begin(9600);  pinMode(vled,
  INPUT);
}

void loop() {

float tensao = analogRead(vled);  tensao =
map(tensao, 0, 1023, 0, 505);  float voltage =
(tensao/escala);
// Exibe o valor lido

  Serial.print(voltage); Serial.println(" V");  delay(100);
}
```



**6º passo:** cole o código na área de trabalho do programa, indicada a seguir.

```
sketch_feb20a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

**7º passo:** clique em verificar para saber se há algum erro.

Clicar em verificar

```
sketch_feb18a
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck

int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}

void loop() {
  float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
  float voltage = (tensao/escala);

  // Exibe o valor lido
  Serial.print(voltage); Serial.println(" V");

  delay(100);
}
```

**8º passo:** transfira o código após conectar o cabo USB (Universal Serial Bus ou “Porta Universal”).

```
sketch_feb18a
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck

int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}

void loop() {
  float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
  float voltage = (tensao/escala);

  // Exibe o valor lido
  Serial.print(voltage); Serial.println(" V");

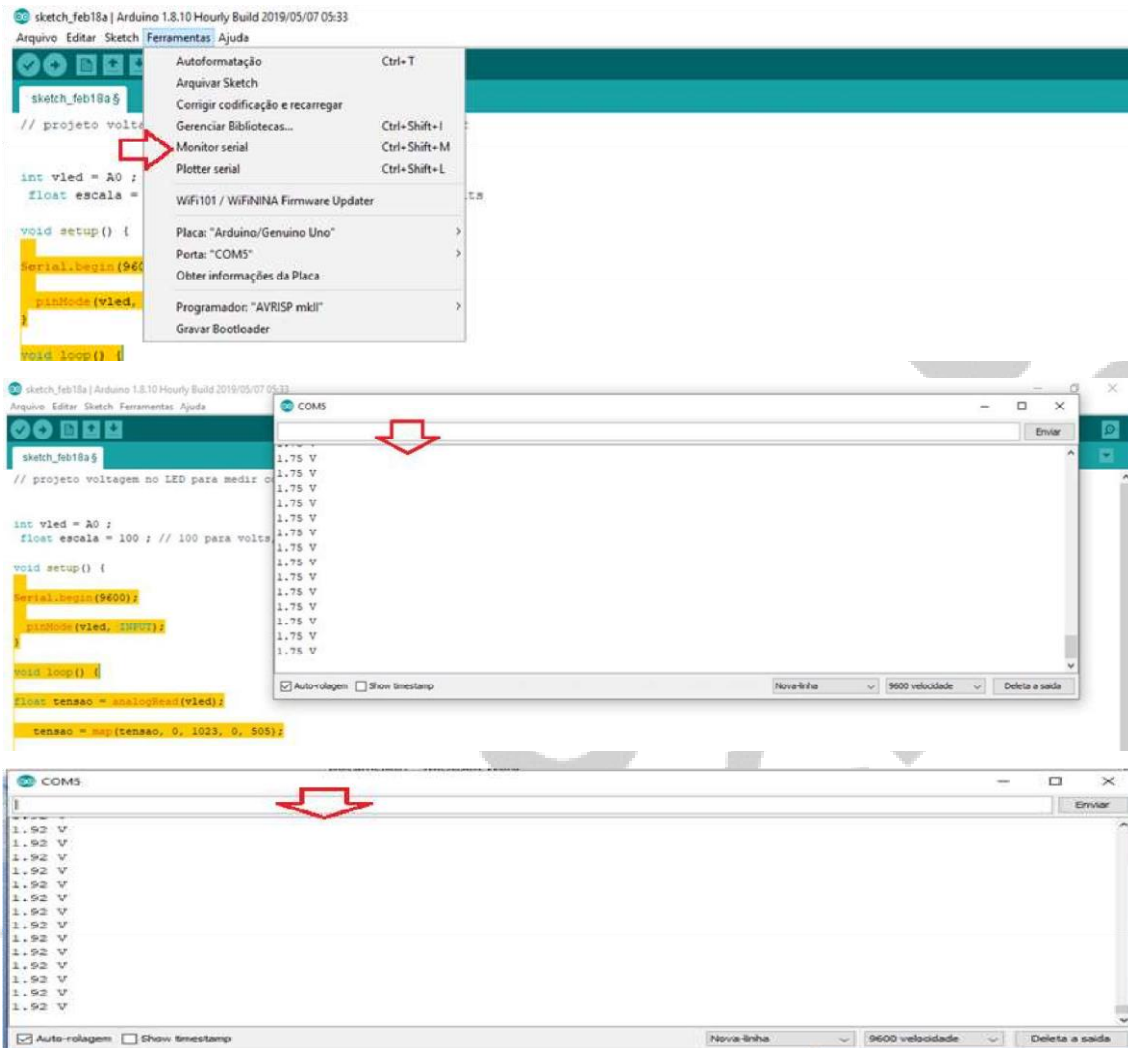
  delay(100);
}
```

Compilação terminada.

O sketch usa 3600 bytes (11%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.  
Variáveis globais usam 202 bytes (9%) de memória dinâmica, deixando 164 bytes para variáveis locais. O máximo são 2048 bytes.

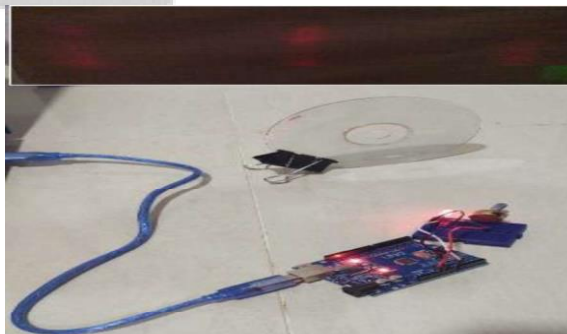


9º passo: verifique a tensão elétrica que será controlada pelo potenciômetro e mostrada no Monitor serial.



10º passo: ligue o Arduino computado com o código e o circuito montado na protoboard e com o LED aceso. Aproxime do CD para obter a difração no anteparo (Figura 6). Os alunos deverão ficar mudando de lugar a protoboard e o CD até que apareça a difração no anteparo.

Figura 6: Demonstração da montagem.



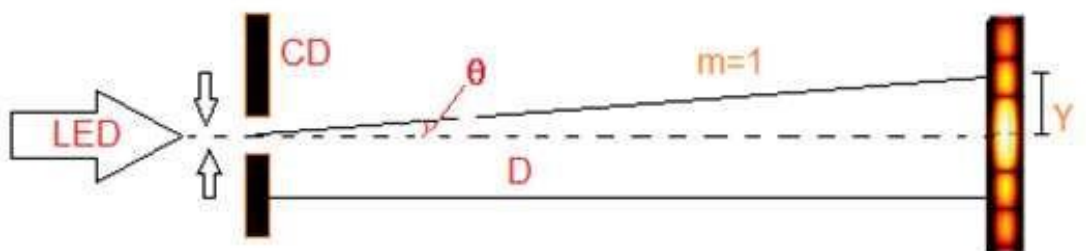
Fonte: SILVA (2020).

11º passo: meça a distância entre o máximo central e o primeiro máximo da difração ( $Y$ ) no anteparo e a distância entre o CD e o anteparo ( $D$ ), segundo a Figura 7.





Figura 7: Ilustração da difração da luz do LED no anteparo juntamente com as grandezas envolvidas.



Fonte: SILVA (2020).

Distância entre o máximo central e o primeiro máximo da difração no anteparo.	$Y =$
Distância entre o CD e o anteparo.	$D =$

12º passo: determine a tangente do ângulo  $\theta$  e em sequência o valor desse ângulo pela função arco tangente.

Tangente do ângulo $\theta$	$\text{tg } \theta = Y/D =$
Ângulo $\theta$	$\theta = \text{tg}^{-1} (Y/D) =$

13º passo: use a equação T1 da Teoria da Prática ( $d \sin \theta = m \lambda$ ), com  $m = 1$  (primeiro máximo de difração), o valor de  $\theta$  e  $d = 1,5 \mu\text{m}$  (distância entre fendas do CD obtido previamente no laboratório de Óptica da UFAC), para determinar o comprimento de onda emitido pelo LED em  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6} \text{ m}$ ), em  $\text{nm}$  ( $10^{-9} \text{ m}$ ) e em  $\text{m}$ .

Comprimento de onda ( $\mu\text{m}$ )	$\lambda =$
Comprimento de onda ( $\text{nm}$ )	$\lambda =$
Comprimento de onda ( $\text{m}$ )	$\lambda =$

14º passo: meça a tensão de corte ( $V_c$ ) do LED. Esta é medida quando o LED tiver o maior brilho, controlado pelo potenciômetro.

Valor da tensão de corte ( $V_c$ ) do LED	$V_c =$
---	---------

15º passo: calcule a energia de ativação ( $E_{at}$ ) em joules (J) e em elétron-volts (eV). Para isso basta usar a relação  $E_{at} = qV_c$ , onde  $q$  é a carga elétrica, que nesse caso é igual ao módulo da carga do elétron ( $q = |e| = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

A fórmula anterior foi derivada da relação  $\Delta U = q \cdot \Delta V$  (a variação da energia potencial elétrica é igual à carga vezes a diferença de potencial). Outra unidade de energia bastante usada,



quando se trabalha a nível atômico ou molecular, é a unidade elétron-volt, onde  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Valor da energia de ativação em J ( $E_{at}$ )	$E_{at} = qV_c =$
Valor da energia de ativação em eV ( $E_{at}$ )	$E_{at} = qV_c =$

16º passo: determine a frequência de corte ( $f_c$ ). Esta é feita pela relação  $c = \lambda f$ , lembrando que  $c$  é a velocidade da luz no vácuo ( $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ).

Valor da frequência de corte em Hz ( $f_c$ )	$f_c =$
--	---------

17º passo: obtenção da constante de Planck  $h$  em J.s em em eV.s. Basta usar a relação  $E = hf$ , onde  $E$  corresponde a energia de ativação e  $f$  é a frequência de corte.

Valor da constante de Planck em J.s	$h =$
Valor da constante de Planck em eV.s	$h =$

Calcule o erro percentual entre o valor que obteve para  $h$  em J com valor real da constante que é  $6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ , dado por  $E_p = 100 \times |h_{obtido} - h_{real}| / h_{real}$ .

### Reprodução do Experimento

Através da montagem do experimento foi possível visualizar a difração e determinar matematicamente a Constante de Planck. Após as devidas medições, calculou-se a energia de ativação do Led, a constante e o erro percentual, apesar de termos encontrado um valor bem aproximado. O erro percentual ocorreu devido a um erro na medição da tensão de corte, pois invés da tensão de corte nós medimos a tensão máxima, e também pelo fato de os componentes não serem ideais.

Cálculos:

a) Determinar a tangente do ângulo  $\theta$  e em sequência o valor desse ângulo em função arco tangente;  $\theta = tg^{-1} \left( \frac{Y}{D} \right) = 21^\circ$

b) Calcular a energia de ativação. Para isso, usar a relação  $E_{at} = q \cdot V_c$   
 $E_{at} = 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 1,95 = 3,1239 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



c) Determinar a frequência de corte do LED, dada pela relação  $c = \lambda \cdot f_{corte}$

$$f_{corte} = \frac{c}{\lambda} \rightarrow f_{corte} = \frac{3 \cdot 10^8}{660 \cdot 10^{-9}} = 0,0046 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$$

d) Obter a Constante de Planck em J.s. Basta usar a relação  $E_{at} = h \cdot f_{corte}$

$$h = \frac{E}{f} \rightarrow h = \frac{3,1239 \cdot 10^{19}}{0,0046 \cdot 10^{17}} = 6,79 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

e) Calcular o erro percentual entre o valor obtido para h em Joules com o valor real da constante que é  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

$$Ep = 100 \cdot \left| \frac{h_{obtido} - h_{real}}{h_{real}} \right| \rightarrow Ep = 100 \cdot \left| \frac{6,79 \cdot 10^{-34} - 6,63 \cdot 10^{-34}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \right| = 2,42$$

## Conclusão

Sobre a proposta deste projeto, ele permitirá o desenvolvimento experimental de um tema de grande relevância e o reforço da necessidade da inserção da Física Moderna no ensino médio, uma vez que a dificuldade em discutir este tema é muito alta. Os resultados dessa proposta poderão servir, também, como apoio no desenvolvimento de uma série de novas aplicações e poderão ser utilizados como base para docentes que desejem aplicar a prática experimental em suas aulas de Física.

## Apêndice

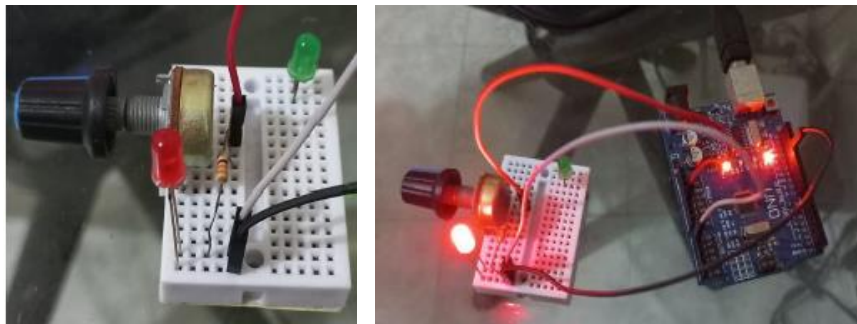
- Foram utilizados pregador de roupa na borda do CD



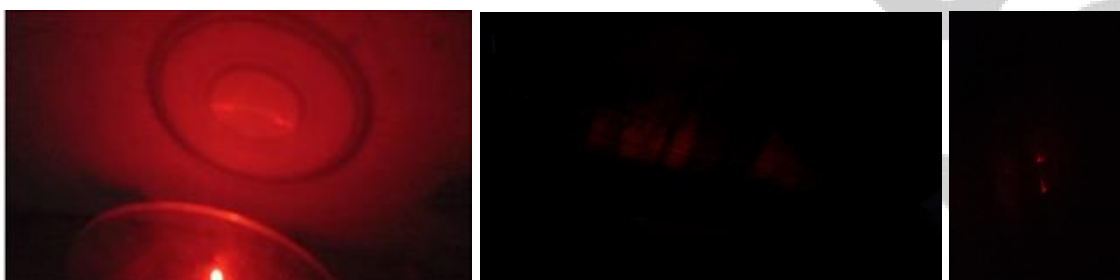




- Conexão do LED, o potenciômetro, o resistor e os cabos flexíveis na protoboard



- Produção da difração



- Dados experimentais



## Referência

SILVA, J. W. B. Produto educacional: experimento de física moderna com led e Arduino. Universidade Federal do Acre - UFAC, 2020. Disponível em <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/575430/3/Produto%20Educaional%20Weliton%2014set2020.pdf> Acesso: 02 de abril de 2024

[PAGINA INICIAL \(retorno\)](#)