

TRABALHO 2 - "Quantum de luz e efeito fotoelétrico"

- Objetivos:
- determinação experimental da função trabalho do Sb-CS
 - determinação da constante de Planck
 - Estudo do efeito fotoelétrico → relação entre potencial de paragem e freq. radiação incidente
 - medição de correntes pequenas

CONCEITOS TEÓRICOS:

potencial de paragem

obtido por 2 procedimentos

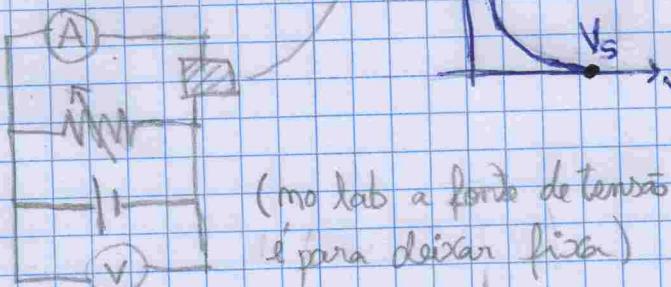
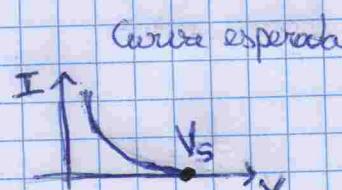
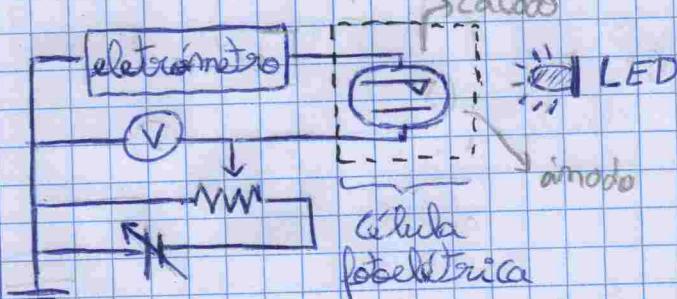
$$V_s = \frac{h}{q} f - \frac{W}{q}$$

onde h = constante Planck
 q = carga elementar
 W = função trabalho
 f = freq. da radiação

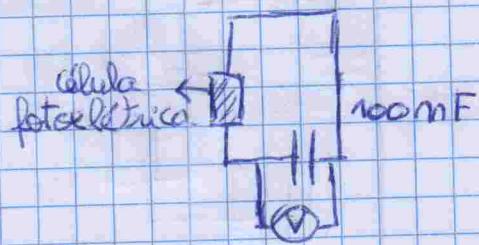
para Sb-CS

$$= 1,43 - 1,59 \text{ eV}$$

Parte A (20 min/LED)



(20 min) ▷ Parte B



condensador carrega até $V_c = V_s$

→ procedimento

- montar
- ligar LED 1
- medir Tensão ($V_c = V_s$)
(não esperar muito)
- repetir para os outros LED

→ procedimento

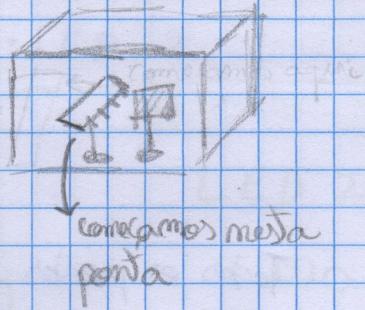
- montar e ajustar posição LED
- garantir isolamento
- zero do eletrômetro e escala - sensível
- ligar LED 1. Verificar se $I > 0$. Caso não, limpar célula c/ acetona
- In à procura de V_s ajustando o resistor ($R \uparrow$)
- Registrar $I = V$
- Repetir (sequencial)



• CUIDADO c/ mau contacto nas ligações junto dos LED

- ajustar zero eletrômetro: LEDs desligados e meter no botão para ter $I = 0$
- tentar minimizar mudanças de escala.

11 NOV
2021



LEDs por ordem leituras no eletrômetro
→ escalar 0, 1; 1; 10; ... → ler na escala cima,
de 0 a 100 e depois converter sendo 100
o máximo da escala

- bateria na parte
- sensibilidade! - não estiver na mesa

! Turning point: Há um ponto a partir do qual um acelerar elétricos ← aumento de V não causa diminuição de I em vez de trazer ↘

procedimento: para cada LED, fazer varriments e descolher a localização do turning point. Escalar a escala depois disso e fazer todas as medições aí, sem mudar

- posição últimos 2 LEDs difícil de ajustar pq. suporte bate na suporta da célula.
- LEDs 8 e 9 não medidas na parte A pq. não encontramos regime antes do turning point. (mais mexemos na fonte, só na -V)
- $V_{min} = 0,31464 \text{ V}$ (LED 6.)

• ~~Blip~~ Mais enraios para LED 1 e 2

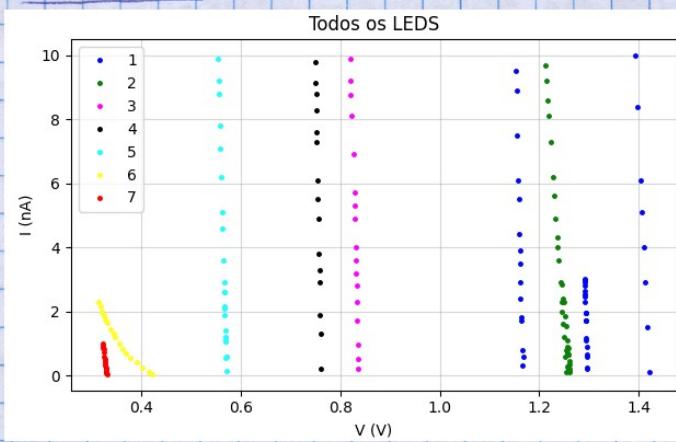
①	3 mA	②	1 mA
	3 mA		1 mA
	10 mA		10 mA

- 5 ensaios condensador todos LEDs
- problemas conexões → seguir o fio c/a mão

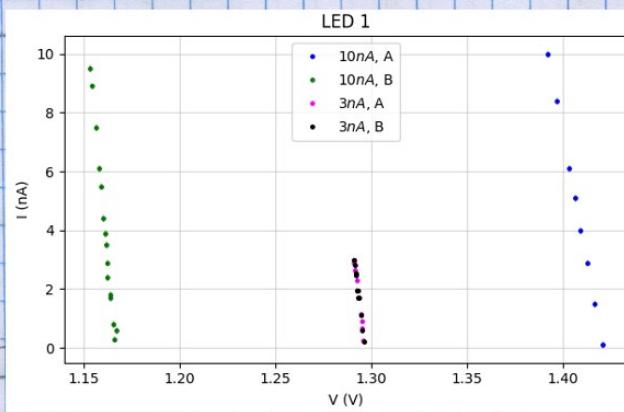
17
Nov
2021

Análise

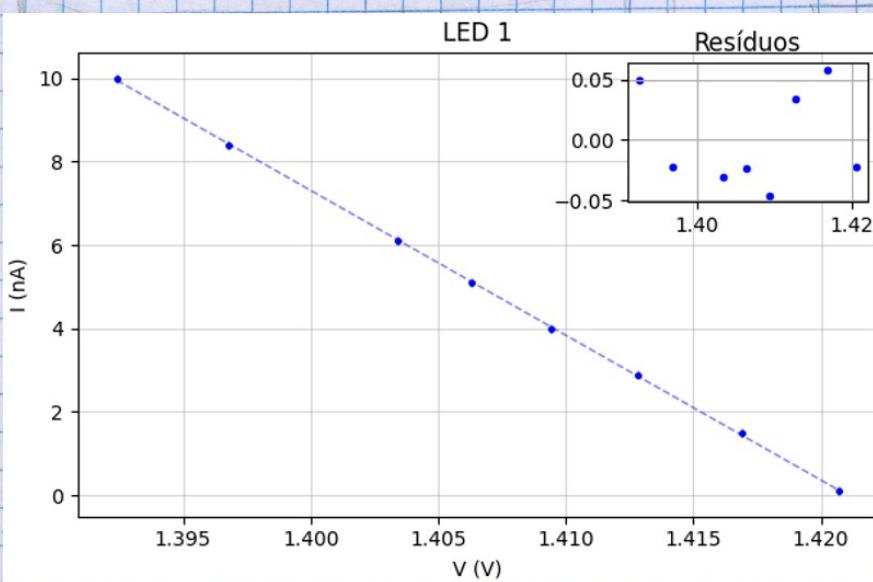
PARTE A



• LED 1



Optei por considerar o ensaio identificado como "10 mA, A", o que corresponde ao ensaio feito no início da aula. Apesar de os ensaios na escala dos 3 mA estarem concordantes, ~~estavam~~ e serem, em teoria, uma melhor opção para analisar, ~~estavam~~ experimentalmente todos os ensaios que não o "10 mA, A" foram executados ~~com~~ ~~os~~ LED ~~s~~ a uma distância da célula fotoelétrica que foi diferente da aplicada na 1^a ronda de ensaios, ~~pela~~, ~~temporada~~.



Todos os pontos experimentais (valores maiores c/ a mesma cor).

Analisar individualmente cada LED para descobrir o ponto, por cima, linear, onde $I = 0$. Para isso, $V_S = -\frac{\text{ord. origem}}{\text{declive}}$

O conjunto dos 4 ensaios não é concordante.

Há uma diferença de cerca de 0,26 V entre os extremos dos potenciais de paragem calculados.

Ajuste

$$m = \left(-347 \pm 2 \right) \text{ mA V}^{-1}$$

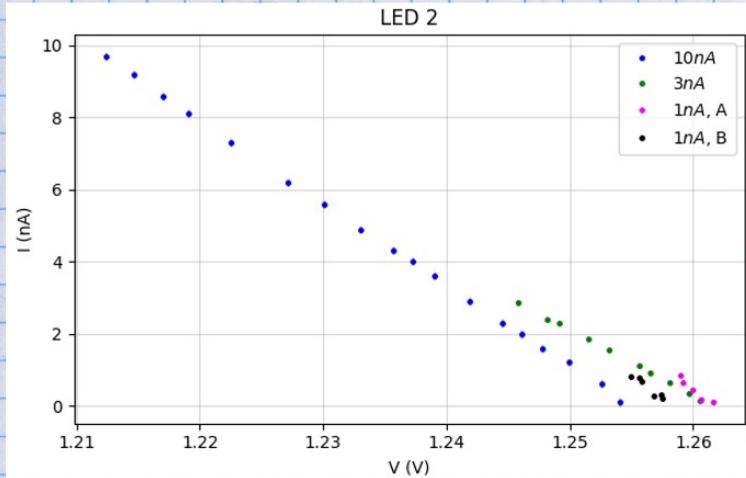
$$b = 493 \pm 2 \text{ mA}$$

$$R^2 = 0,999853$$

$$V_S = (1,42 \pm 0,01) \text{ V} \\ = 1,42 \text{ V} \pm 0,7\%$$

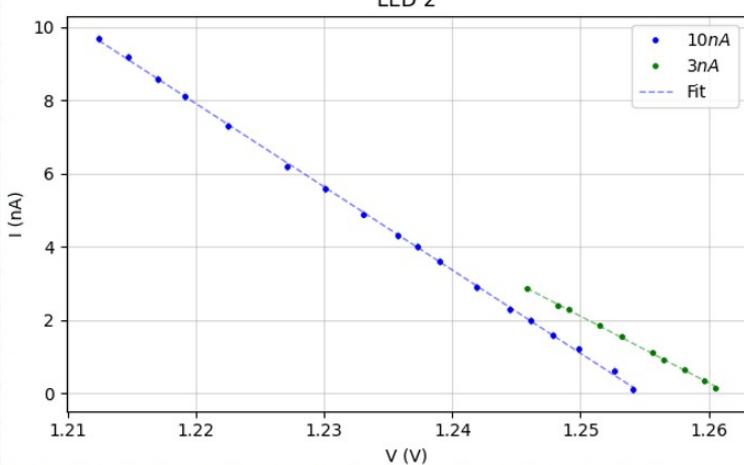
$$u(V_S) = V_S \sqrt{\left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(m)}{m}\right)^2}$$

• LED 2

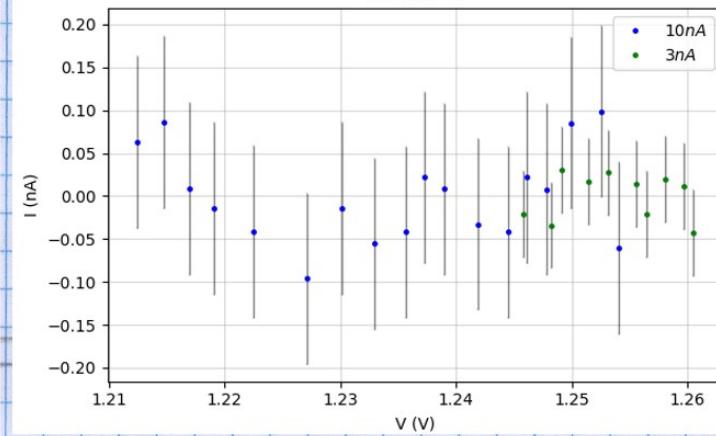


Fizeram-se novamente 4 ensaios mas os executados na escala 1 mA foram descartados da análise pq o nº de pontos é reduzido e no laboratório tínhamos muita variação na posição do ponteiro do detritômetro.

LED 2



Resíduos



Ajuste 10 mA: $m = (-227 \pm 1) \text{ mA V}^{-1}$ $b = (285 \pm 1) \text{ mA}$

$$R^2 = 0,99967$$

$$V_s = (1,255 \pm 0,008) \text{ V}$$

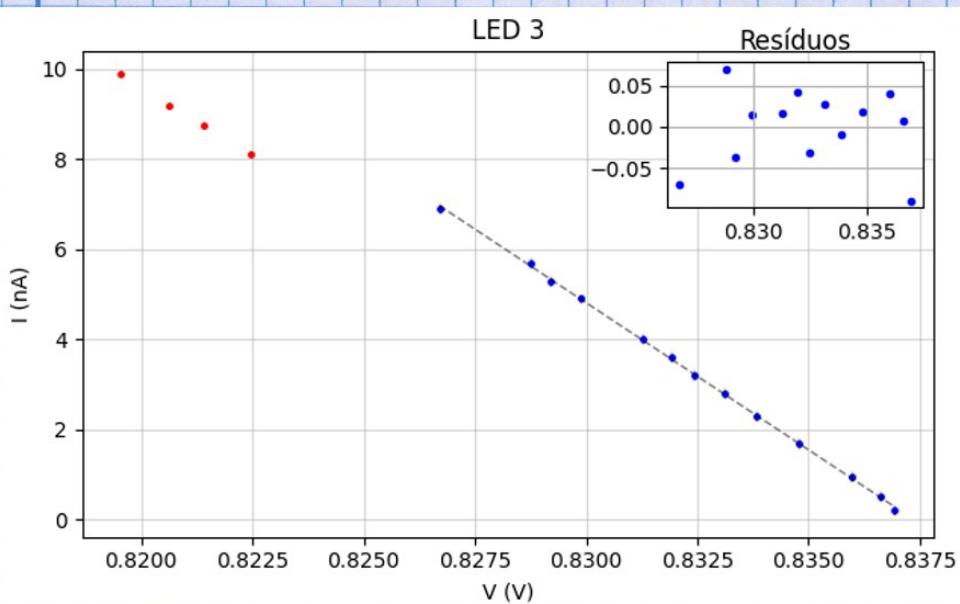
Ajuste 3 mA: $m = (-182 \pm 2) \text{ mA V}^{-1}$ $b = (230 \pm 2) \text{ mA}$

$$R^2 = 0,999147$$

$$V_s = (1,26 \pm 0,02) \text{ V}$$

• Fazendo a média, obtém-se para a LED 2: $V_s = (1,256 \pm 0,02) \text{ V}$

• LED 3

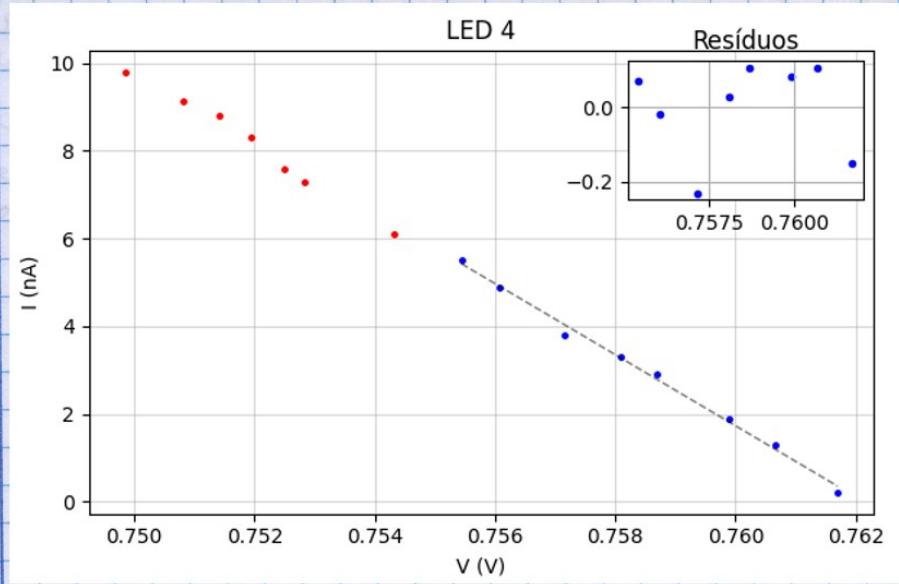


Pontos a Vermelho

foram marcados como desviadores pq. haja claramente uma descontinuidade.

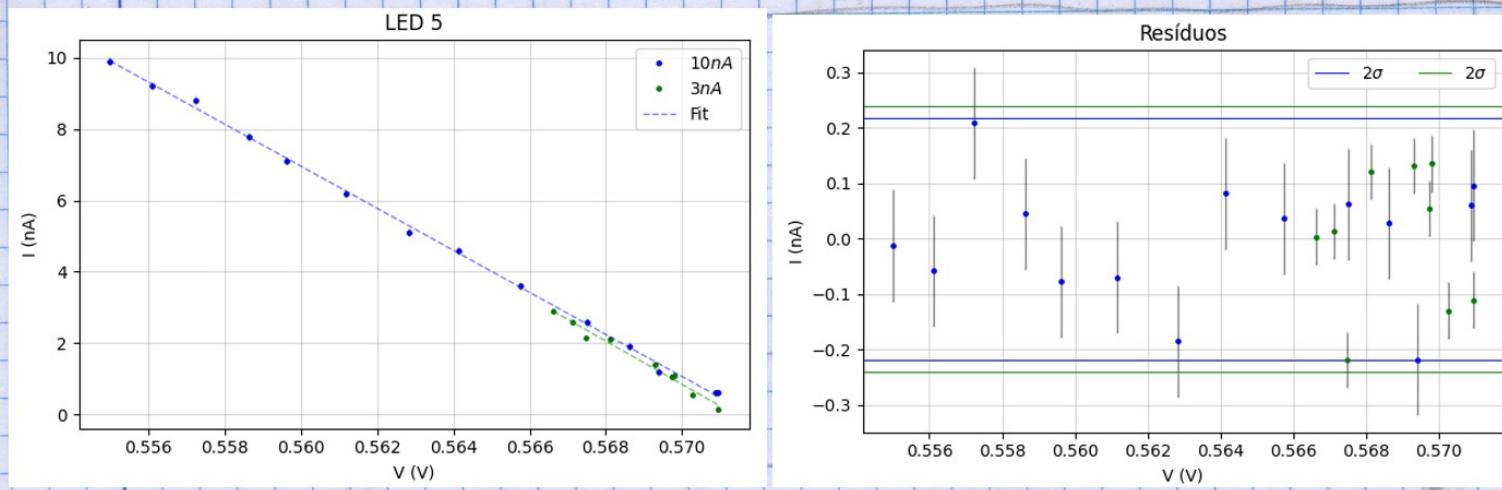
Ajuste: $m = (-654 \pm 4) \text{ mA V}^{-1}$ $b = (547 \pm 4) \text{ mA}$
 $R^2 = 0,99952$ $V_S = (0,837 \pm 0,008) \text{ V}$

- LED 4:



os pontos a vermelho
foram marcados como
devidores.

- LED 5:



Os resultados nas duas escalas são ~~concordantes~~ concordantes pelo que faz sentido usar a média:

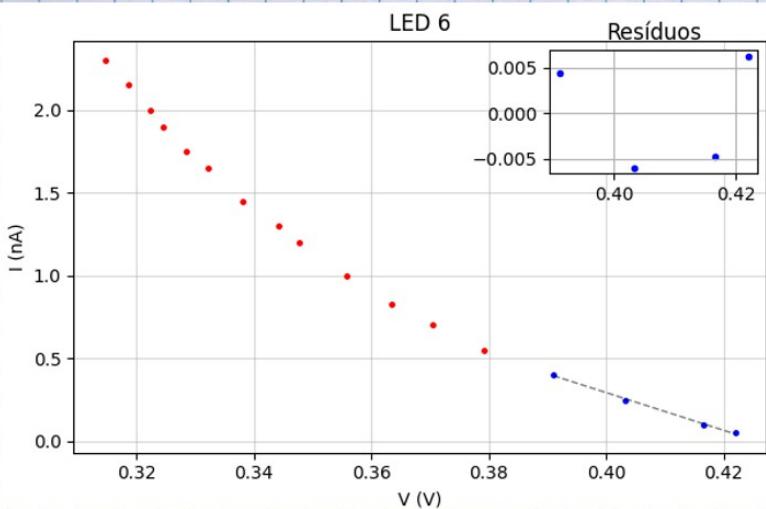
Ajuste 10 mA: $m = (-589 \pm 6) \text{ mA V}^{-1}$, $b = (337 \pm 3) \text{ mA}$
 $R^2 = 0,99881$ $V_S = (0,572 \pm 0,008) \text{ V}$

Ajuste 3 mA: $m = (-610 \pm 30) \text{ mA V}^{-1}$

$b = (350 \pm 20) \text{ mA}$ $R^2 = 0,98153$ $V_S = (0,57 \pm 0,04) \text{ V}$

Assim, para o LED 5 considerou-se $V_S = (0,57 \pm 0,04) \text{ V}$

• LED 6



$$V_s = (0,413 \pm 0,02) V$$

É matéria um decaimento exponencial.
Faz-se o ajuste linear apenas na cauda, com 4 pontos.

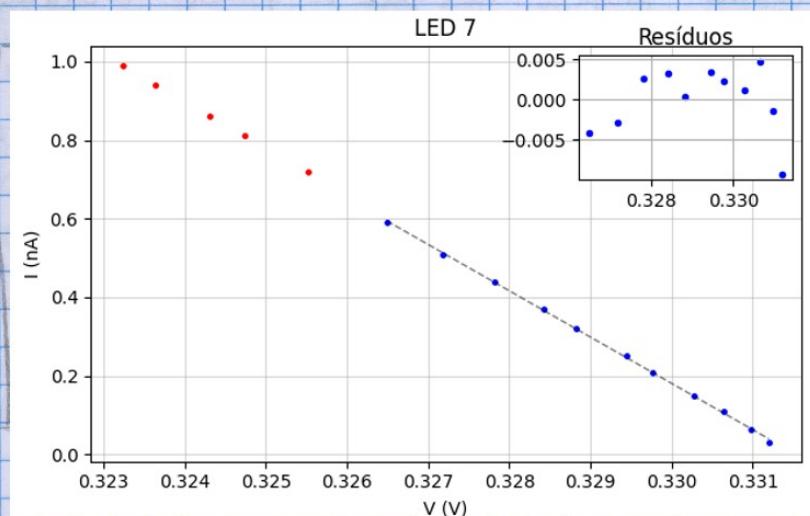
Ajuste:

$$m = (-11,4 \pm 0,3) \text{ mA V}^{-1}$$

$$b = (4,8 \pm 0,1) \text{ mA}$$

$$R^2 = 0,99842$$

• LED 7



$$V_s = (0,332 \pm 0,004) V$$

Devido aos resíduos, opta-se por considerar os primeiros 5 pontos

Como devidamente, tendo-se ficado com:

Ajuste:

$$m = (-117,8 \pm 0,9) \text{ mA V}^{-1}$$

$$b = (39,1 \pm 0,3) \text{ mA}$$

$$R^2 = 0,999504$$

• Resultados parte A:

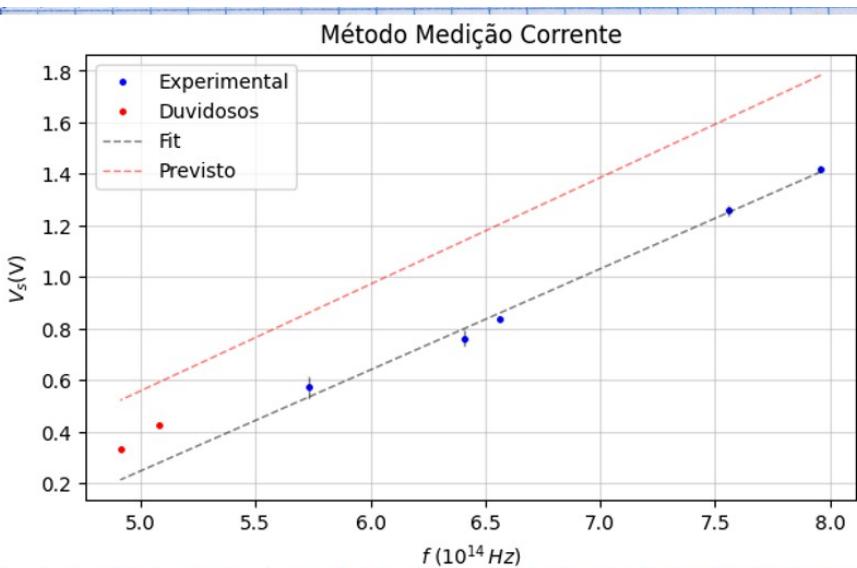
e ajustando linearmente

Traçando o gráfico dos potenciais de paragem em função da frequência dos LEDs (no anexo do protocolo) podemos retirar a constante de Planck experimentalmente fazendo, para as unidades apresentadas, deduzir $\times 9 \times 10^{-14}$, onde q = carga elementar. $\Rightarrow u(h) = \frac{h}{\lambda m}$

Também podemos retirar o valor da função trabalho fazendo - ord. origem, obtendo - se o resultado em eV.

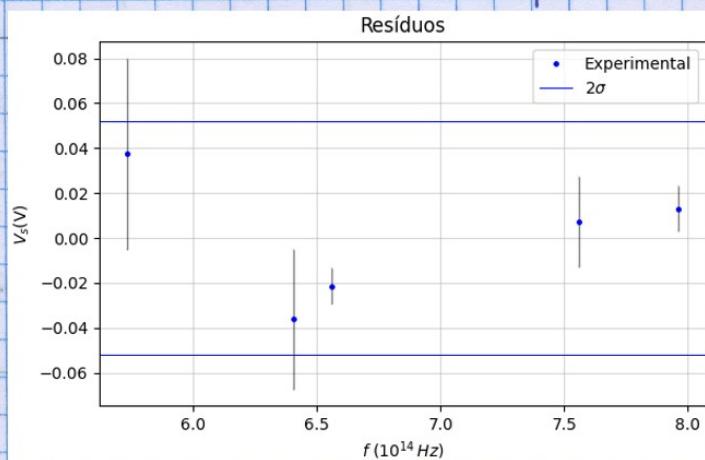
Opta-se por excluir os pontos referentes ao LED 6 e 7 $\rightarrow u(W) = W \frac{u(b)}{b}$
pois são os led's testados para os quais a célula

fotovoltaica tem menor sensibilidade. O ajuste também melhorou, em termos de R^2 e magnitude dos resíduos.



Ora, o valor de h é $6,62607015 \times 10^{-34} \text{ Js}$, o que significa um erro de 5,2%. No valor experimental.

Uma pesquisa online permite ver que a função trabalho do Sb-Cs está entre 1,43 e 1,59. Tomando o valor médio deste intervalo, o nosso resultado apresenta um desvio de 13,4%.



Ajuste:

$$m = (0,39 \pm 0,02) \text{ V} \cdot (10^{14} \text{ Hz})^{-1}$$

$$b = (-1,7 \pm 0,1) \text{ V}$$

$$R^2 = 0,99329$$

PARTE B

No método do condensador, fez-se a média dos valores de V_s obtidos para cada LED ao longo dos 5 ensaios. Considerou-se a incerteza como o desvio padrão.

A semelhante da parte A, tracai o gráfico, com o respectivo ajuste, da tensão de paragem em função da frequência e exclui os LEDs 8 e 9 pelas questões da sensibilidade da célula fotovoltaica e pelas dificuldades de posicionamento e ligação.

Ajuste: $m = (0,33 \pm 0,02) \text{ V} \cdot (10^{14} \text{ Hz})^{-1}$
 $b = (-1,9 \pm 0,1) \text{ V}$ $R^2 = 0,981324$

Valores experimentais: $h = (5,3 \pm 0,3) \times 10^{-34} \text{ Js} = 5,3 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \pm 6,2\%$.

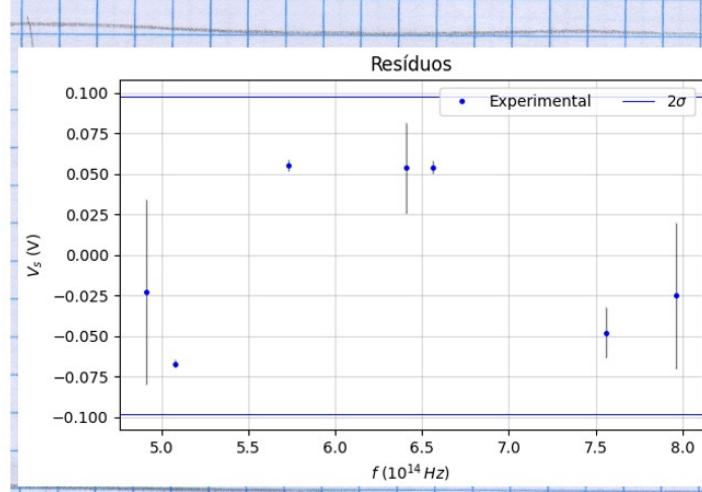
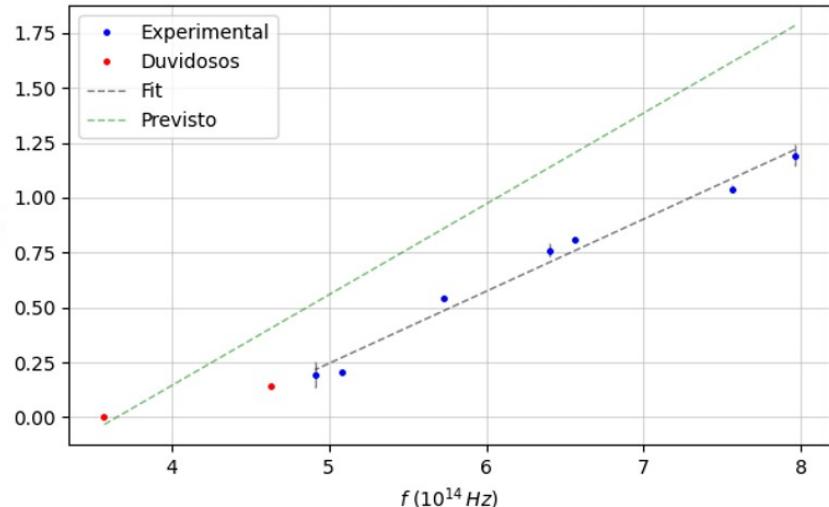
$$W = (1,4 \pm 0,1) \text{ eV} = 1,4 \text{ eV} \pm 7,5\%$$

valores obtidos
 $h = (6,3 \pm 0,3) \times 10^{-34} \text{ Js}$
 $= 6,3 \times 10^{-34} \text{ Js} \pm 4,7\%$.

$W = (1,7 \pm 0,1) \text{ eV}$
 $= 1,7 \text{ eV} \pm 7,5\%$.

Ou seja, teve-se um erro de 20,6% na constante de Planck e de 7,5% na função trabalho.

Método do Condensador



Discussão

- A distância dos LEDs à célula é um fator importante para ter em consideração e controlar. → motivo nos dados para LED 1 onde as duas medições na escala 10 mA são bastante distintas, o que se deve ao fato de não terem sido sequenciais no tempo (\rightarrow ~~medidas~~ diferentes posições). As medições para 3 mA foram sequenciais e estão muito concordantes.
- Na escolha dos LEDs a testar devem dar-se prioridade ~~aqueles~~ a aqueles cujo espetro apresenta um pico próximo da zona de maior sensibilidade da célula fotoelétrica e também cuja largura seja mais estreita, para garantir que não são emitidas fótons com frequências (/energias) muito afastadas do esperado.
- A generalidade dos gráficos de resíduos apresenta aleatoriedade.
- Os desvios em relação ~~aos~~ aos valores teóricos, embora não sendo ~~ótimos~~ excelentes, são satisfatórios.
- O método A apresenta ~~mais~~ resultados piores na função trabalho, enquanto que o B produziu um erro maior na constante de Planck.
- Os ~~mais~~ desvios nas funções trabalho determinadas pelos dois métodos apresentam tendências diferentes: ~~no~~ na parte A, o valor está acima do esperado, enquanto que no B ~~esta~~ é inferior.
 \hookrightarrow não sugere erro sistemático

- O eletrômetro foi uma boa opção para medir as correntes baixas.
- ~~comparamos~~ Vimos no lab. que o simples entregar na mesa alterava a leitura.

Conclusão

Estudou-se o efeito fotoelétrico, tendo-se determinado experimentalmente a constante de Planck e a função trabalho de Sb-Cs por 2 métodos.

Método A: usar resistores para variar o potencial anodônico aplicado. Fazendo ajustes para determinar o ponto V_s onde $I = 0$ para vários LEDs (frequências), obtém-se:

$$h = 6,3 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \pm 4,7\% \rightarrow \text{erro } 5,2\%$$

$$W = 1,7 \text{ eV} \pm 7,5\% \rightarrow \text{erro } 13,4\%$$

Método B: usando um condensador e ~~máscara~~ medindo a ddp nas suas terminais quando ~~$V_c = V_s$~~ obtém-se:

$$h = 5,3 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \pm 6,2\% \rightarrow \text{erro } 20,6\%$$

$$W = 1,4 \text{ eV} \pm 9,3\% \rightarrow \text{erro } 4,5\%$$

Os objetivos foram cumpridos.