

Comentário OBF 2025

Prova experimental da 3ª fase - Nível II

Escrito por: Eyke Cardoso de Souza Torres

Questão 1.

a) Esse item tinha o intuito principal de testar se o aluno soube montar o circuito. Após a montagem, percebe-se que a corrente flui independente do sentido do resistor, logo, esse elemento é desprovido de polaridade.

OBS: Nesse item, era possível (e recomendado) poupar tempo se já se conhecesse essa característica de apolaridade do resistor e apenas justificasse com base em conhecimentos prévios.

b) Averigua-se que o LED apenas permite passagem de corrente (no sentido convencional) do ânodo ao cátodo (ou da perna longa para a perna curta), funcionando como um diodo.

Portanto, quando se conecta o LED com os polos invertidos, ele não liga, o que nos permite confirmar que ele é polar, ou seja, tem um sentido preferencial de passagem de corrente.

OBS: Novamente, pode-se justificar com base no que foi apresentado no próprio texto da prova e em conhecimentos prévios do aluno.

c) Segundo a relação entre potência, diferença de potencial e resistência:

$$P = Ui^2 = \frac{U^2}{R}$$

A energia aproveitada pelo circuito segue uma relação inversa com a resistência, logo, é esperado que diminuir a resistência aumente o brilho do LED, o que se verifica após substituir o resistor.

Por fim, a corrente terá aumentado, devido à queda na resistência equivalente do circuito.

Questão 2.

a) O enunciado da prova assegura que as resistências dos LED's devem ser desprezadas quando se passa corrente, além disso, ambos os terminais têm o mesmo potencial $V = V_0$, então, para cada resistência:

- $100\text{ k}\Omega$ (circuito de brilho de referência):

$$i_{ref} = \frac{V_0}{R_{100k}} = \frac{9}{10^5} = 9 \times 10^{-5} A$$

$$i_{ref} = 0,0900mA$$

- $4,7\text{ k}\Omega$ (circuito principal):

$$i_{princ.} = \frac{9}{4,7 \times 10^3} = 0,00191A = 1,91mA$$

Vale lembrar que os valores devem ser representados com 3 algarismos significativos, segundo o texto introdutório.

b) O LED do circuito principal é bem mais brilhante, o que era esperado da análise de dependência entre potência e resistência, do item c) da questão 1.

c) Montando o circuito com diferentes quantidades de LED's, verifica-se que eles brilham abaixo da intensidade de referência de $N=5$ em diante, ou seja, o limiar de tensão corresponde à configuração correspondente a $N=5$, logo:

$$V_L = \frac{V_0}{N} = 1,80V$$

Questão 3.

a) Da lei de Ohm, a resistência da associação de N resistores iguais em série resulta em:

$$R_{eq} = NR$$

Realizando a montagem do circuito, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 1: Comportamento do LED

N	$R_{eq,100} (k\Omega)$	$R_{eq,circ} (k\Omega)$	Comportamento do LED
1	0,100	0,300	piscando
2	0,200	0,400	piscando
3	0,300	0,500	piscando
4	0,400	0,600	piscando
5	0,500	0,700	brilho constante
6	0,600	0,800	brilho constante

b) Para a resolução desse item, pode-se usar a **metade do intervalo de dúvida**, que é um caso particular para a análise de incertezas quando realizamos apenas duas medições, nesse caso, as correntes correspondentes para $N=4$ e $N=5$, que determinam um intervalo de possíveis valores para I_{min} :

$$I_4 = \frac{V_0}{R_{eq,circ,4}} = 15,0mA$$

e

$$I_5 = \frac{V_0}{R_{eq,circ,5}} = 12,9mA$$

Logo,

$$\bar{I}_{min} = \frac{I_4 + I_5}{2} \approx 14,0mA$$

Como ambos os valores têm o mesmo desvio da média, a expressão para o desvio padrão da média se simplifica para:

$$\sigma_{I_{min}} = \frac{\Delta I}{2} \approx 1,1mA$$

Por fim, a representação correta é

$$I_{min} = (14,0 \pm 1,1)mA$$

Questão 4.

a) Dessa vez, a associação em paralelo resulta em:

$$R_{eq} = \frac{R}{N}$$

Realizando a montagem novamente, obtêm-se:

Tabela 2: Comportamento do LED (associações em paralelo)

N	$R_{eq,100} (k\Omega)$	$R_{eq,circ} (k\Omega)$	Comportamento do LED
1	1,00	1,200	brilho constante
2	0,500	0,700	piscando
3	0,333	0,533	piscando
4	0,250	0,450	piscando

b) Seguindo um raciocínio análogo ao da questão anterior:

$$I_1 = 7,50mA$$

$$I_2 \approx 12,9mA$$

$$\bar{I}_{min} = 10,2mA$$

$$\sigma_{Imin} = 2,7mA$$

$$I_{min} = (10,2 \pm 2,7)mA$$

c) Há uma discrepância considerável nas correntes encontradas, principalmente porque os dois experimentos discordam quanto ao LED piscar ou não quando conectado a uma resistência de 700 Ohms, o que permite levantar duas hipóteses:

- Os demais componentes do circuito e as incertezas dos valores de resistência de cada resistor interferem significativamente na resistência equivalente, de forma que sejam diferentes para as associações em série e em paralelo
- A resistência limiar para começar a piscar é próxima de 700 Ohms, para que leves flutuações em torno desse valor impactem significativamente

Nota: não só nessa seção, mas em todo o experimento, os resultados obtidos por 2 alunos com kits diferentes podem diferir, devido às condições diferentes em que cada um realiza o experimento (kits fornecidos pela OBF com condições iniciais ligeiramente diferentes, baterias com queda significativa de potencial, etc.)

Questão 5.

Há várias associações de resistores possíveis, algo interessante de se buscar aqui são associações que cubram todo o range de valores permitidos e, também, completar pelo menos 10 dados experimentais na tabela, com 3 medições para cada, poupando tempo para as próximas questões, uma sugestão de tabela de associações é a seguinte:

Tabela 3: Tempo de LED aceso

i	Resistores e associação	R_i ($k\Omega$)	$T_{i,1}$ (τ)	$T_{i,2}$ (τ)	$T_{i,3}$ (τ)	$T_i \pm \sigma_T$ (τ)
1	R_{1k}	1,00	12	11	11	$11,3 \pm 0,3$
2	R_{1k} e R_{1k} em série	2,00	16	16	17	$16,3 \pm 0,3$
3	2 R_{4k7} em paralelo, em série com R_{1k}	3,35	19	19	20	$19,3 \pm 0,3$
4	2 R_{10k} em paralelo	5,00	25	25	26	$25,3 \pm 0,3$
5	2 R_{1k} e R_{4k7} em série	6,70	29	29	30	$29,3 \pm 0,3$
6	R_{10k} em paralelo com R_{4k7} , em série com R_{4k7}	7,90	37	35	35	$35,7 \pm 0,7$
7	R_{10k}	10,0	37	39	40	$38,7 \pm 0,9$
8	R_{10k} e R_{1k} em série	11,0	43	40	41	$41,3 \pm 0,9$
9	2 R_{4k7} em paralelo, associado em série com R_{10k}	12,4	39	44	45	$42,7 \pm 1,9$
10	R_{10k} e R_{4k7} em série	14,7	46	43	44	$44,3 \pm 0,9$
11	R_{10k} , R_{4k7} e R_{1k} em série	15,7	48	44	44	$45,3 \pm 1,3$
12	2 R_{10k} em série	20,0	48	49	50	$49,0 \pm 0,6$

Questão 6.

Com a tabela da questão 5, podemos plotar o seguinte gráfico:

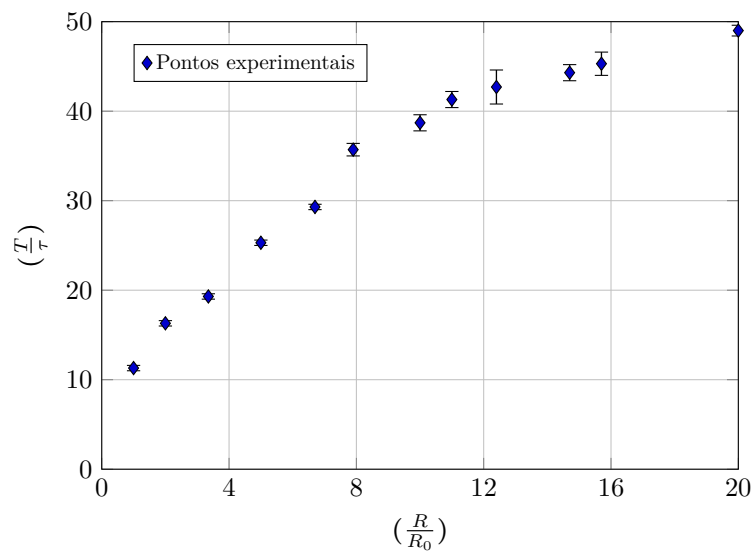


Figura 1: Gráfico 1 de $(\frac{T}{\tau})$ em função de $(\frac{R}{1k\Omega})$.

Questão 7.

Aqui, apenas plotamos os pontos de acordo com suas coordenadas já estabelecidas na questão 5, o gráfico é aproximadamente linear, como esperado.

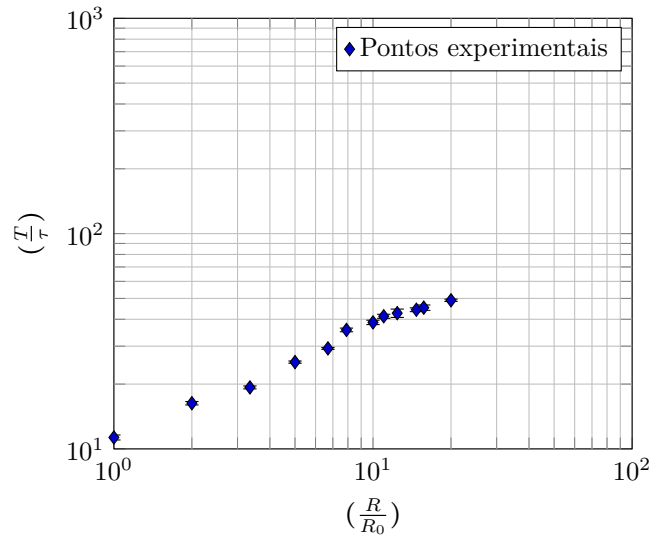


Figura 2: Gráfico 2 de $(\frac{T}{\tau})$ em função de $(\frac{R}{R_0})$.

Questão 8.

Esse é um caso típico de linearização log x log, como é possível chegar aplicando um logaritmo de base qualquer à expressão (nesse caso foi usada a base decimal, uma vez que já fizemos o plot em um gráfico desse tipo, porém, é recomendável, pela simplicidade da propagação de erro, usar a base natural)

$$\log\left(\frac{T}{\tau}\right) = \log\left(A\left(\frac{R}{R_0}\right)^\lambda\right)$$

$$\log\left(\frac{T}{\tau}\right) = \log(A) + \lambda\log\left(\frac{R}{R_0}\right)$$

Com isso, a dependência linear é alcançada para as seguintes substituições:

$$y_i \rightarrow \log\left(\frac{T}{\tau}\right)$$

$$x_i \rightarrow \log\left(\frac{R}{R_0}\right)$$

Para determinar os valores de λ e A , basta encontrar os coeficientes A' e B , tais que a reta de melhor ajuste seja $y = A' + Bx$, por meio da regressão, por exemplo.

Para as incertezas, podemos usar a fórmula dada na tabela de incertezas de funções da OBF:

$$\sigma_{\log_a x} = \frac{\sigma_x}{x \ln(a)}$$

Nesse caso, $a = 10$.

De posse de todas as fórmulas, basta montar a nova tabela, encontrado o valor numérico de cada uma das expressões.

Tabela 4: Valores Logarítmicos de R e T com propagação de Incerteza

i	x_i	y_i	σ_{y_i}
1	0,000	1,053	0,012
2	0,301	1,212	0,008
3	0,525	1,286	0,007
4	0,699	1,403	0,005
5	0,826	1,467	0,004
6	0,898	1,553	0,009
7	1,00	1,588	0,010
8	1,04	1,616	0,009
9	1,09	1,630	0,019
10	1,17	1,646	0,009
11	1,20	1,656	0,012
12	1,30	1,690	0,005

Questão 9.

a) Os valores dos coeficientes foram obtidos da regressão na calculadora e as incertezas foram obtidas das fórmulas de incerteza dos coeficientes:

$$\sigma_B = |B| \sqrt{\frac{\frac{1}{R^2} - 1}{N - 2}}$$

e

$$\sigma_{A'} = \sigma_B \times \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N}}$$

$$A' = (1,051 \pm 0,017)$$

$$B = (0,516 \pm 0,018)$$

$$R^2 = 0,987$$

b) Nesse comentário, como os pontos se ajustam bem à reta de tendência encontrada, conforme veremos melhor no gráfico da Q10, optei por não retirar nenhum dado do ajuste, porém, é esperado que se houver pontos outliers (distantes da reta de ajuste), o aluno deve retirá-los dos dados de ajuste a fim de melhorar o coeficiente de correlação, e identifique-os corretamente no gráfico.

c) Observe que o valor de λ equivale ao coeficiente angular B encontrado anteriormente:

$$\lambda = (0,516 \pm 0,018)$$

d) Dessa vez, precisaremos usar outra fórmula de propagação de incertezas da tabela disponibilizada da OBF, note que o parâmetro A é obtido a partir do coeficiente A' :

$$A = 10^{A'} \approx 11,25$$

Então, a incerteza de A é dada por

$$\sigma_A = A' \ln(10) \sigma_{A'} \approx 0,4$$

A representação correta é, então:

$$A = (11,2 \pm 0,4)$$

Questão 10.

Nesse gráfico, é mais fácil visualizar porque optei por não retirar nenhum ponto, porém, seguindo as instruções da prova, é necessário indicar eventuais pontos retirados do ajuste.

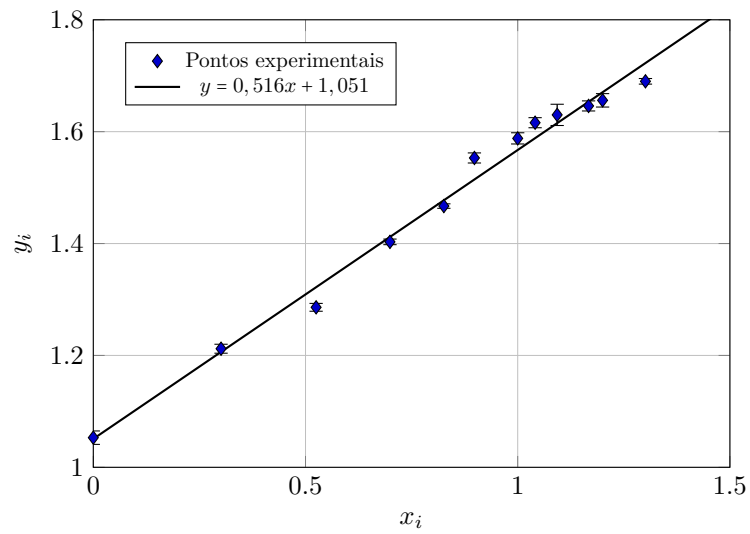


Figura 3: Gráfico de y_i em função de x_i .