

Lab de Física I

03/2022

Guilherme Sáez, PL6

Grupo 7

Ponte de Wheatstone em Equilíbrio e Fora do Equilíbrio (T7D)

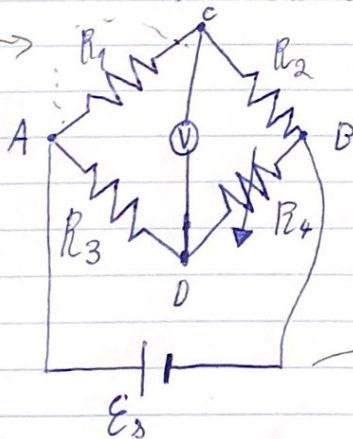
Objetivos:

- Utilizar a ponte de Wheatstone em equilíbrio para determinar o valor de resistências e correspondentes leis de associação (em série e em paralelo).
- Utilizar a ponte de Wheatstone fora do equilíbrio para determinar o comportamento térmico da resistência de um termômetro de platina.

Esquema da Experiência:

Ponte de Wheatstone em Equilíbrio (C1):

Nota:
Não fazer
curto
circuito
em
torno
da
resistência



$R_1; R_2; R_3$ - Resistências

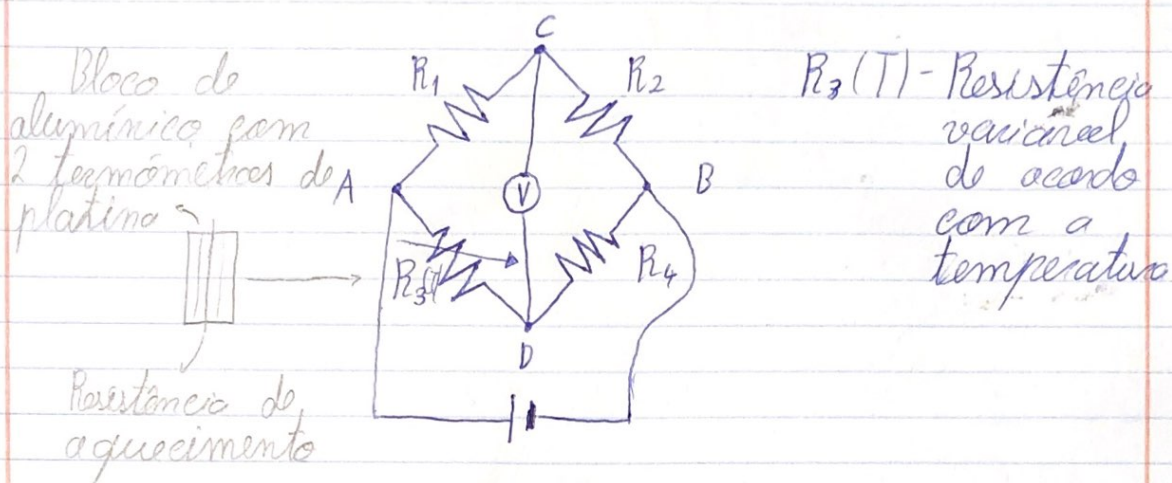
R_4 - Resistência variável

\textcircled{V} - Voltímetro - Multímetro Digital

Usamos a polaridade inversa

Fonte de Tensão de Corrente Contínua

Ponte de Wheatstone para o equilíbrio (2):



Procedimento Experimental:

- A1. Ligar o voltímetro e o ohmímetro para estabilizar a sua temperatura de funcionamento.
 - Verificar o zero da escala
 - Apenas desligar os aparelhos de medida no final do trabalho
- A2. Registrar os valores das resistências da placa de resistências.
 - Usando o código de cores
 - Usando o ohmímetro
- A3. Montar o circuito C1, escolhendo resistências R_1 e R_2 ~~tal~~ favoráveis à determinação de R_3 , sendo R_3 uma das resistências da placa de resistências.
- A4. Usar os botões da resistência R_4 para procurar o valor de R_4 para o qual a diferença de potencial entre C e D é nula.

R_3 (corrente)	R_3 (ohmmetro)	R_4	$R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4$	ΔR_3	% erro em R_3
------------------	------------------	-------	-----------------------------	--------------	-----------------

A5. Repetir o passo A4, para as outras resistências do placa e para algumas associações de resistências em série e em paralelo.

A6. Após recolhidas todas as dados, calcular R_3 para cada uma das situações acima, considerando como valor de referência o valor medido pelo ohmmetro.

Cuidados a ter:

- Não ultrapassar os 5V no gerador de tensão. (Feito!)

B1. Trocar a ~~montagem~~ resistência R_3 pela resistência $R_3(T)$ de um dos termômetros de platina e usar $R_1 = R_2 = 1000 \Omega$.

- Ligar os terminais da resistência de aquecimento à fonte de tensão variável.
- Verificar se os termômetros de platina estão devidamente inscriptos no respectivo orifício do bloco de alumínio.
- Ligar os terminais do outro termômetro de platina ao ohmmetro.

B2. Registrar o valor da diferença de potencial entre A e B, E_s . Essa diferença deve ser inferior a 1V. (Feito!)

B3. Iniciar o aquecimento do bloco.

- Usar uma tensão de aquecimento de cerca de 30V.
- Registrar os valores medidos para uma gama de temperaturas de 5°C , sem ultrapassar os 40°C .
- Gravar um rinho onde sejam visíveis os valores medidos, registrando-os em simultâneo (T ; ΔV ; $R_3(T)$)

Qual o menor ΔT que conseguimos medir?

B4. Estudar o gráfico $\Delta V(R_3(T))$, comparando o resultado obtido com o previsto pelas equações:

$$\Delta V = \frac{\Delta R \cdot E_s}{4R_4 + 24R}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta R \cdot E_s}{4R_4}$$

• Comentar a precisão e exatidão dos resultados.

~~Nota~~ Nota

• A resistência do termômetro de platina para uma dada temperatura é dada por:

$$R_3(T) = 1000(1 + 3,9083 \times 10^{-3}T - 5,775 \times 10^{-7}T^2)$$

• Com R_3 em ohm e T em Celsius.

• A conversão inversa, para uma temperatura próxima da temperatura ambiente é:

$$T(R) = -245,77 + 0,2358R + 10^{-5}R^2$$

$$T(1100) = 25,71^\circ\text{C}$$

$$T(1110) = 28,29^\circ\text{C}$$

$$T(1120) = 30,87^\circ\text{C}$$

$$T(1130) = 33,45^\circ\text{C}$$

$$T(1140) = 36,04^\circ\text{C}$$

$$T(1150) = 38,62^\circ\text{C}$$

$$T(1160) = 41,21^\circ\text{C}$$

→ A resistência não deve ultrapassar 1160 Ω para que T não exceda demasiado os 40°C

↓

Protocolo de Trabalho Experimental Registro de Dados - 21/03/2022

Resistências	R_3 (color) $\pm 5\%$ (Ω)	R_3 (K- Ω) (ohmmeter) $\pm 0,01$ (Ω)	$R_4 \pm \Delta R_4$ (Ω) $\pm 0,1$	$R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4$	ΔR_3	% erro R_3
$U = 0,03_mV$ R_A	1200	1,17	1199,3			
$U = 0,03_mV$ R_B	2200	2,12	2164,5			
$U = 0,02_mV$ R_C	3300	3,24	3290,0			
$U = 0,01_mV$ R_A série R_B			3364,6			
$U = 0,05_mV$ R_A paralelo R_B			771,6			
$R_1 = 1000 \Omega (\pm 1\%)$ $R_2 = 1000 \Omega (\pm 1\%)$						

Parte B

$$E_x = 0,658 \pm 0,001 V$$

$$R_1 = R_2 = 1000 \Omega$$

$$R_4 = 1091,6 \Omega$$

$$E_x = (0,657 \pm 0,001) V$$

Nota: O aquecimento do filamento foi lento o que é normal pois o aumento de temperatura deve ser aproximadamente homogêneo nesta experiência

Para registrar os dados (Δt ; U ; $R(\theta)$) nesta parte da experiência ~~gr~~ gravamos um vídeo de modo a poder registrar os valores em simultâneo (ainda que dê mais trabalho)

Escolhemos $R_1 = R_2$ pois o valor máximo de R_4 era muito maior que o ~~maior~~ maior valor de resistências que iam medir

Análise de Dados

Parte A

~~Os dados~~ Os dados obtidos foram:

Bando do curso

Resistência
Nórmal

Resistências	R3/ Ω (cores) $\pm 5\%$	R3/k Ω (ohmímetro) $\pm 0,01k\Omega$	R4/ $\Omega \pm 0,1\Omega$
RA	1200	1,17	1199,3
RB	2200	2,12	2164,5
RC	3300	3,24	3290,0
RA e RB em série	N.A.		3364,6
RA e RB em paralelo	N.A.		771,6

Usamos
a tabela fornecida

Não medimos o valor

E, então podemos fazer a seguinte análise:

Resistências	R3 ohmímetro/ Ω	R3 experimental/ Ω	u(R3 exp)/ Ω	$\Delta R3/\Omega$	Erro R3 (%)
RA	1170	1199,3	16,96	29,3	2,50%
RB	2120	2164,5	30,61	44,5	2,10%
RC	3240	3290,0	46,53	50,0	1,54%
RA e RB em série	3290	3,36E+03	47,58	74,6	2,27%
RA e RB em paralelo	753,92	772	10,91	17,7	2,34%

Deixamos
mais significativas para
comparar com $\Delta R3$

Sendo:

$$u(R_1) = u(R_2) = 10 \, \Omega \quad (1\% \times 1000 \, \Omega)$$

$$R_3 \text{ exp} = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_4$$

$$\begin{aligned} u^2(R_3 \text{ exp}) &= \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_4}\right)^2 u^2(R_4) + \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_1}\right)^2 u^2(R_1) + \\ &\quad + \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_2}\right)^2 u^2(R_2) = \\ &= \left[\frac{R_1}{R_2} u(R_4)\right]^2 + \left[\frac{R_2}{R_2} u(R_1)\right]^2 + \left[-\frac{R_1 R_4}{R_2^2} u(R_2)\right]^2 = \\ &= u^2(R_4) + \left[\frac{R_4}{1000} \cdot 10\right]^2 + \left[-\frac{R_4}{1000} \cdot 10\right]^2 = \\ &= 2 \left[\frac{R_4}{100}\right]^2 + u^2(R_4) \end{aligned}$$

$$\Delta R_3 = R_3 \text{ exp} - R_3 \text{ ohmímetro}$$

$$\text{Erro } R_3(\%) = \frac{|\Delta R_3|}{R_3 \text{ ohmímetro}}$$

Como não foram medidas diretamente, temos que:

$$R_3 \text{ ohmímetro } (R_A \text{ e } R_D \text{ em série}) = R_A + R_D$$

$$\begin{aligned} u^2(R_3) &= \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_A}\right)^2 u^2(R_A) + \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_D}\right)^2 u^2(R_D) = \\ &= 2 \cdot 0,01^2 \end{aligned}$$

$$u(R_3) = 0,01 \cdot \sqrt{2} \, \text{k}\Omega = 10\sqrt{2} \, \Omega = 1 \times 10^1 \, \Omega$$

$$R_3 \text{ ohmímetro } (R_A \text{ e } R_D \text{ em paralelo}) = \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_D}\right)^{-1} = \frac{R_A \cdot R_D}{R_A + R_D}$$

~~$u^2(R_3) = \dots$~~

$$u^2(R_3) = \dots$$

$$\begin{aligned}
 u^2(R_3) &= \left(\frac{2R_3}{2R_A}\right)^2 u^2(R_A) + \left(\frac{2R_3}{2R_B}\right)^2 u^2(R_B) + \\
 &= \left(\frac{R_B(R_A + R_B) - R_A \cdot R_B}{(R_A + R_B)^2} \cdot 0,01\right)^2 + \\
 &\quad + \left(\frac{R_A(R_A + R_B) - R_A \cdot R_B}{(R_A + R_B)^2} \cdot 0,01\right)^2 = \\
 &= 1,884 \times 10^{-5} \Omega^2
 \end{aligned}$$

$$u(R_3) = 4 \Omega$$

Assim, os valores obtidos ^{para as resistências} encontram-se fora do intervalo experimental previsto pois:

$$R_3 \text{ ohmímetro} \notin [R_{3\text{exp}} - u(R_{3\text{exp}}); R_3 + u(R_{3\text{exp}})]$$

Sendo que $u(R_{3\text{exp}})$ nunca é menor

Apesar de que o erro de R_3 ~~sempre~~ ^{sempre} inferior a 3%.

~~Considera erro~~

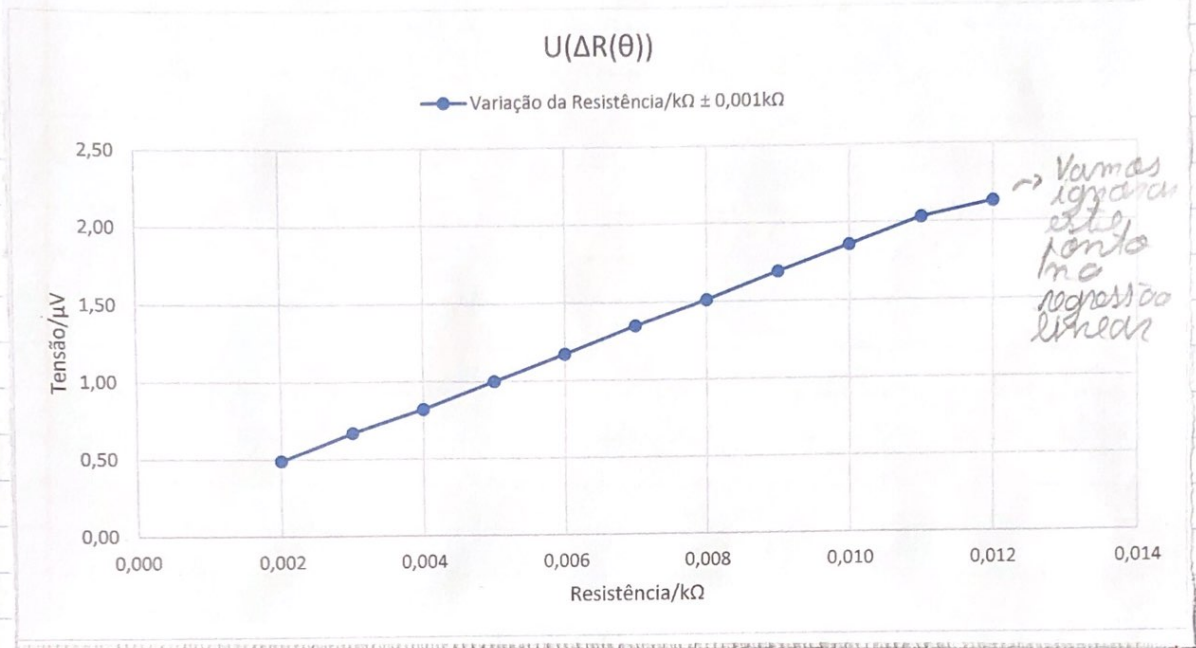
Parte B

Obtendamos os seguintes dados:

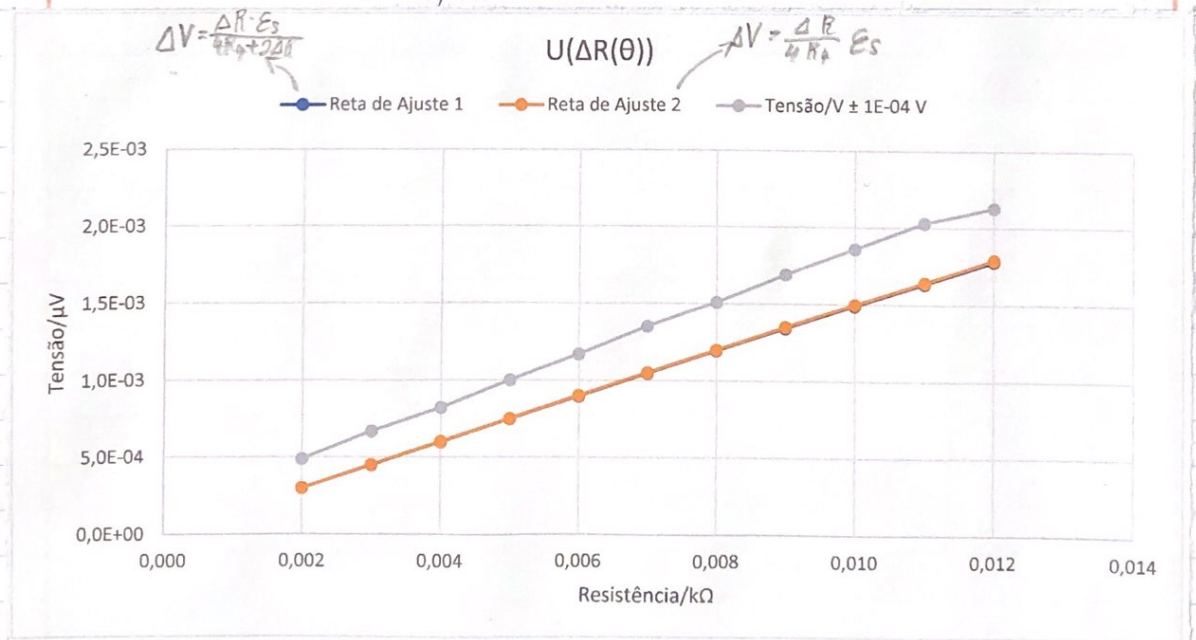
$$R_{eq} = 1,088 \text{ k}\Omega \quad (+0,001 \text{ k}\Omega)$$

Tempo/s $\pm 0,01s$	Tensão/ $\mu V \pm 0,01 \text{ mV}$	Tensão/V $\pm 1E-04 \text{ V}$	Resistência/ $k\Omega \pm 0,001k\Omega$	Variação da Resistência/ $k\Omega \pm 0,001k\Omega$
46,60	0,49	4,9E-04	1,090	0,002
75,64	0,67	6,7E-04	1,091	0,003
104,26	0,82	8,2E-04	1,092	0,004
136,33	1,00	1,0E-03	1,093	0,005
165,31	1,17	1,2E-03	1,094	0,006
195,35	1,35	1,4E-03	1,095	0,007
221,20	1,51	1,5E-03	1,096	0,008
251,71	1,69	1,7E-03	1,097	0,009
281,40	1,86	1,9E-03	1,098	0,010
309,95	2,03	2,0E-03	1,099	0,011
336,15	2,13	2,1E-03	1,100	0,012

Que, numa @
 Que podemos visualizar como:



Comparando com o previsto pelas equações indicadas no passo B4:



A diferença entre os dois métodos é muito pequena.

• Rescartamos o último ponto porque não faz parte da mesma tendência linear.

Compreendemos assim que o declive da reta experimental é maior do que o previsto inicialmente (fazendo uma regressão linear): declive experimental = $1,7 \times 10^{-4}$; declive teórico = $1,5 \times 10^{-4}$ (ambas as retas).

Para além disso, ~~o declive~~ a ordenada na origem associada à reta experimental não é nula, como seria de esperar.

Conclusão

Ainda que com um erro maior que o esperado, conseguimos usar o ponto de Wheatstone em equilíbrio para medir o valor de várias resistências. O erro relativamente ao valor de referência foi inferior a 3%.

Podemos também validar as leis da relação a resistências em série e em paralelo nas condições da experiência. O valor experimental obtido, apesar de não incluir (devido à incerteza) o valor previsto, estes diferem de menos de 2,50%.

Por fim, conseguimos também estudar o comportamento de uma resistência variável numa ponte de Wheatstone fora do equilíbrio, obtendo resultados algo próximos do ~~modelo~~ previsto. Os principais erros podem estar associados à determinação das condições iniciais (ponte em equilíbrio) e ao facto de ~~o~~ ~~difer~~ o sistema não estar suficientemente próximo do ponto de equilíbrio, pois todas as tensões medidas são superiores a 0. (podíamos ter começado com $V < 0$).