

Parte B algo confusa. Melhorar identificação  
de dados e explicação da análise feita

85% D

Lab de Física I

03/2022

Guilherme Sche, PL6

Grupo 7

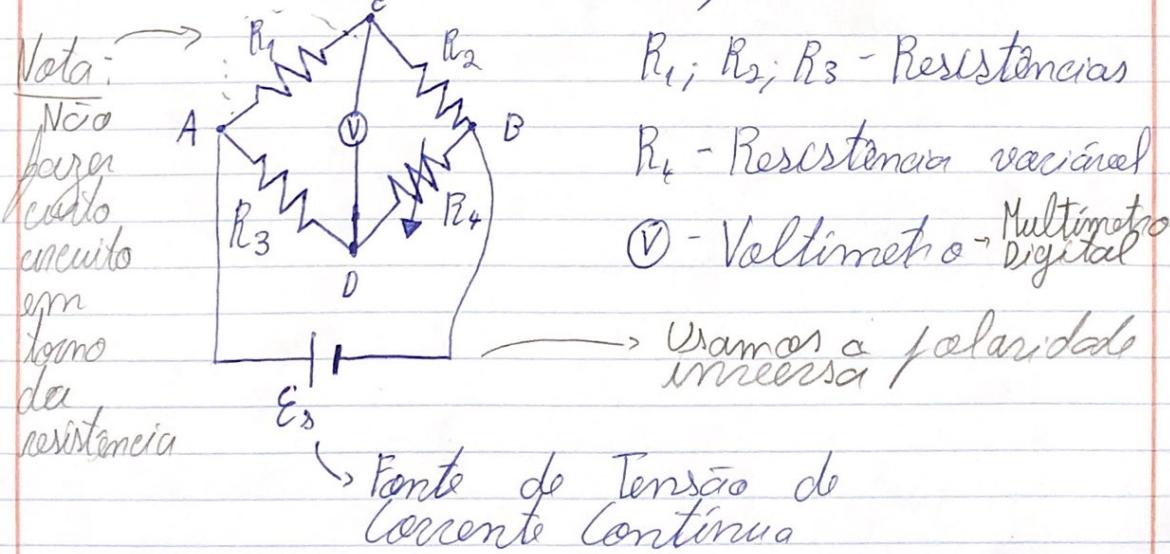
### Ponte de Wheatstone em Equilíbrio e Fora do Equilíbrio (T7B)

#### Objetivos:

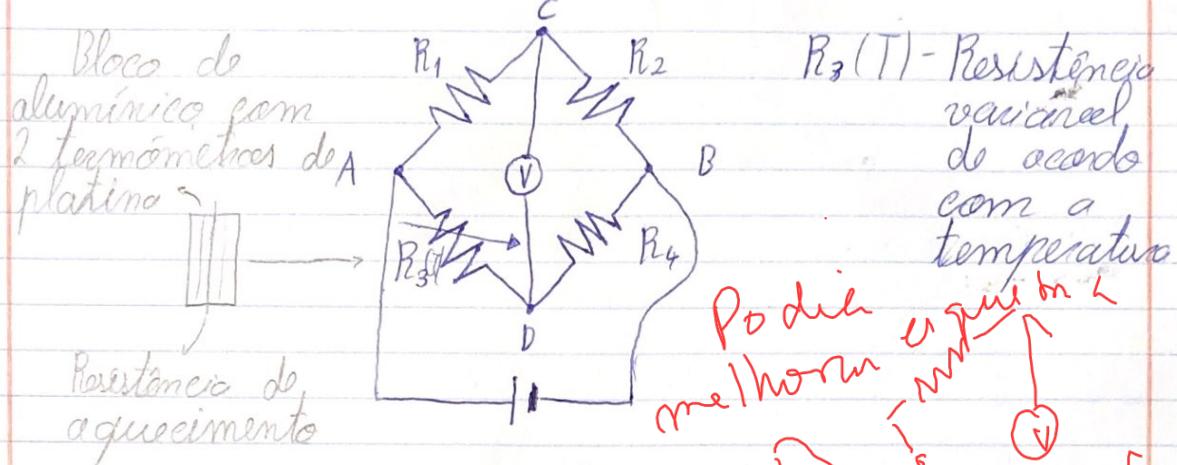
- Utilizar a ponte de Wheatstone em equilíbrio para determinar os valores de resistências e correspondentes leis de associação (em série e em paralelo).
- Utilizar a ponte de Wheatstone fora do equilíbrio para determinar o comportamento térmico da resistência de um termômetro de platina.

#### Esquema da Experiência:

##### Ponte de Wheatstone em Equilíbrio (C1):



## Ponto de Wheatstone fora do equilíbrio (C2).



### Procedimento Experimental:

- A1. Ligar o voltmetro e o ohmímetro para estabilizar a sua temperatura de funcionamento.
  - Verificar o zero da escala
  - Apertar 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<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> favoráveis à determinação de R<sub>3</sub>, sendo R<sub>3</sub> uma das resistências da placa de resistências.

- A4. Usar os botões da resistência R<sub>4</sub> para procurar o valor de R<sub>4</sub> para o qual a diferença de potencial entre C e D é nula.

$$R_3 (\text{corrente}) \quad R_3 (\text{ohmímetro}) \quad R_4 \quad | \quad R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4 \quad | \quad \Delta R_3 \quad | \quad \% \text{ erro em } R_3$$

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

A6. Após recolhidos todos os dados, calcular  $R_3$  para cada uma das situações acima, considerando como valor de referência o valor medido pelo ohmímetro.

Cuidados a ter:

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

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

- Ligar os terminais da resistência de aquecimento à fonte de tensão variável.
- Verificar se os termómetros de platina estão verdadeiramente inseridos no respetivo orifício do bloco de alumínio.
- Ligar os terminais do outro termômetro de platina ao ohmímetro.

B2. Registar o valor da diferença de potencial entre A e B,  $\Delta V$ . Esta diferença deve ser inferior a 1V. (Feito!)

B3. Iniciar o aquecimento do bloco.

- Usar uma tensão de aquecimento de cerca de 30V.

- Registar os valores medidos para uma gama de temperaturas de 5°C, sem ultrapassar os 40°C.

- Gravar um vídeo onde sejam visíveis os valores medidos, registando os em simultâneo ( $t; \Delta V; R_3(t)$ )

Qual o menor  $\Delta T$  que conseguimos medir?

B4. Estudar o gráfico  $\Delta V(R_3(T))$ , comparando o resultado obtido com o presente

$$\cdot \Delta V = \frac{4R \cdot Es}{4R_4 + 2R}$$

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

- Comentar a precisão e exatidão dos resultados.

~~Nota de nota~~

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

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

$$- 5,775 \times 10^{-7} \cdot T^2)$$

- Com  $R_3$  em ohm e  $T$  em Celsius.

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

$$T(R) = \cancel{100} - 245,77 + 0,2358R + 10^{-5}R^2$$

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

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

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

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

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

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

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

→ A resistência não deve ultrapassar 1160 n para que  $T$  não exceda demasiado os  $40^\circ C$

JL

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

Resistências	$R_3$ (corrente) $\pm 5\%$ (2)	$R_3$ (K <sub>S2</sub> ) colimímetro $\pm 0,1\Omega$	$R_4 \pm 1\Omega$	$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_4}$	$\Delta R_3$	% erro $R_3$
$U = 0,03\text{mV}$	$R_A$	1200	1,17	1199,3		
$U = 0,03\text{mV}$	$R_B$	2200	2,12	2164,5	TJ	-80
$U = 0,02\text{mV}$	$R_C$	3300	3,24	3290,0		
$U = 0,01\text{mV}$	$R_A$ sério $R_B$			3364,6		
$U = 0,05\text{mV}$	$R_A$ paralelo $R_B$			771,6		
		$R_1 = 1000\Omega (\pm 1\%)$	$R_2 = 1000\Omega (\pm 1\%)$			

Parte B

$$E_2 = (0,658 \pm 0,001)\text{V}$$

$$R_1 = R_2 = 1000\Omega$$

$$R_4 = 1091,6\Omega$$

$$E_2 = (0,657 \pm 0,001)\text{V}$$



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

Para registrar os dados ( $t$ ;  $U$ ;  $R(t)$ ) neste ponto da experiência gravamos um vídeo de modo a poder registrar os valores em simultâneo (ainda que de mais trabalho).

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

## Análise de Dados

### Parte A

~~Resistências~~ Os dados obtidos foram:

Resistências	R3/ $\Omega$ (cores) $\pm 5\%$	R3/k $\Omega$ (ohmímetro) $\pm 0,01k\Omega$	Resistência Váriavel $R4/\Omega \pm 0,1\Omega$
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

Corrigir com equilíbrio a ponte c/ que  
vamos não medimos o valor  
a tabela fornecida preciso?

E, então podemos fazer a seguinte análise:

Falta legenda de Tabela: Erro ou Incerteza

Resistências	R3 ohmímetro/ $\Omega$	R3 experimental/ $\Omega$	$u(R3 \text{ exp})/\Omega$	$\Delta R3/\Omega$	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%

Descamos mais significativas para  
comparar com  $\Delta R3$

Sendo:

$$u(R_1) = u(R_2) = 10 \text{ V} \quad (1\% \times 1000 \text{ V})$$

$$R_3 \text{ esp} = \frac{R_4}{R_2} \cdot R_4$$

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

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

$$\text{Erro } R_3 (\%) = \frac{14 R_3}{R_3 \text{ ohmímetro}}$$

Como não foram medidas diretamente, temos que:

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

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

$$u(R_3) = 0,01 \cdot \sqrt{2} \text{ V} = 10\sqrt{2} \text{ V} = 14,14 \text{ V}$$

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

$$\cancel{u^2(R_3) = \dots}$$

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

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

Assim, os valores obtidos encontram-se para dentro do intervalo experimental previsto para:

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

Sendo que a R\_3 ohmímetro é menor

Apesar do que o erro de R\_3 ~~é~~ sempre inferior a 3%.

A ponte é mais frátil que o ohmímetro.

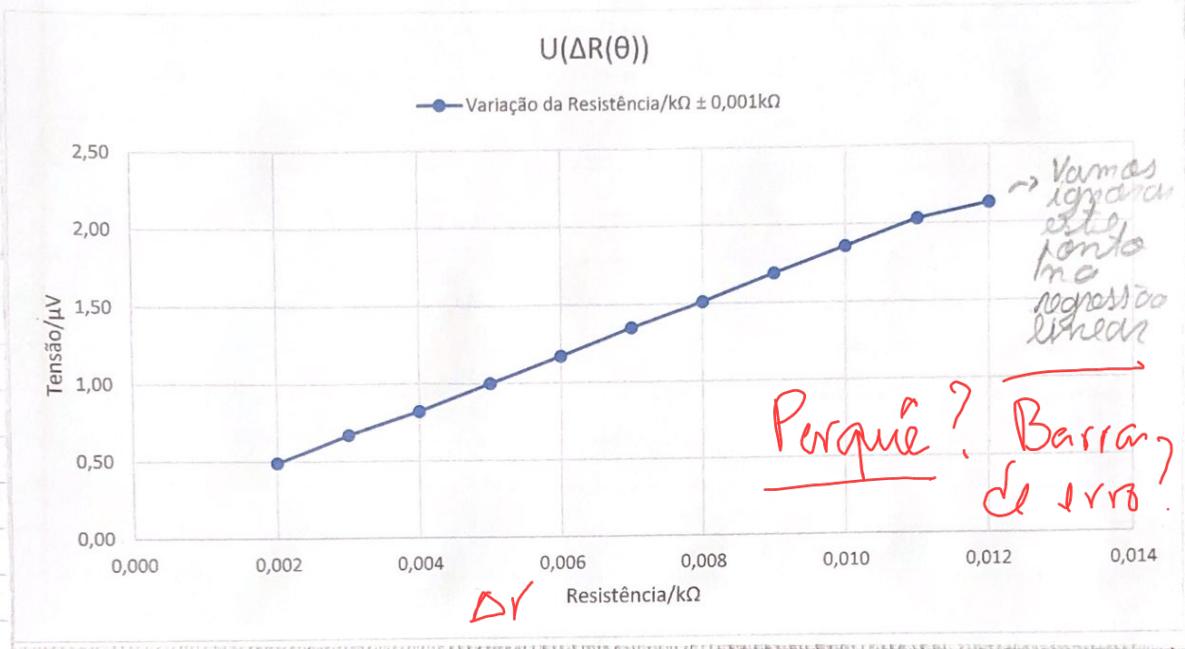
Parte B

Obtenhamos os seguintes dados:

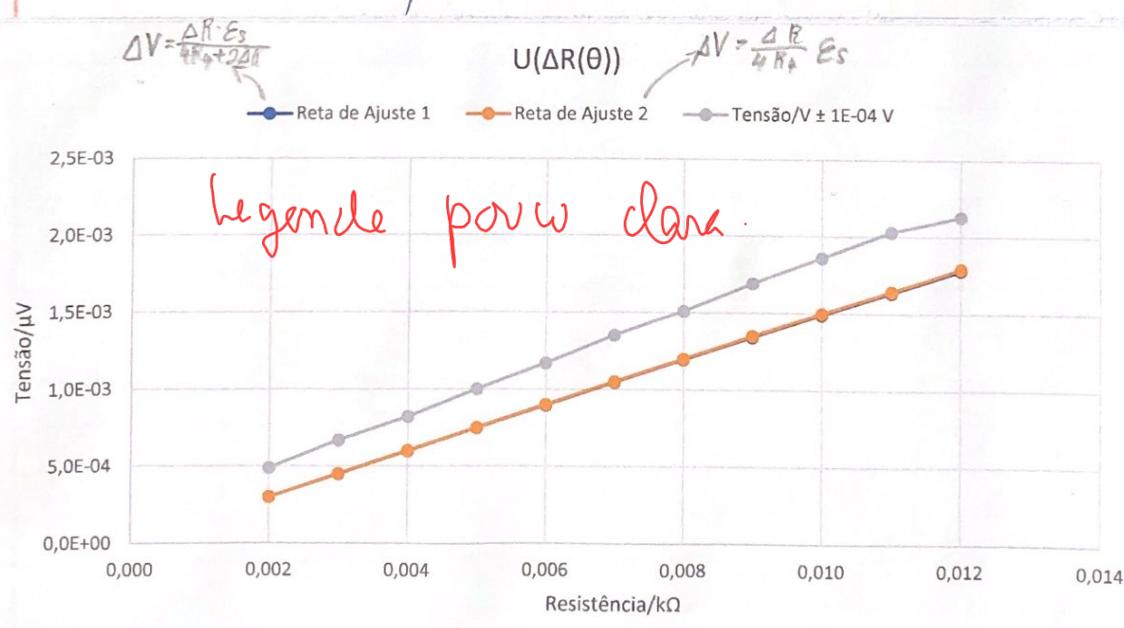
$$R_{\text{eq}} = 1,088 \Omega \pm 0,001 \Omega$$

Tempo/s $\pm 0,01s$	Tensão/ $\mu V \pm 0,01 mV$	Tensão/V $\pm 1E-04 V$	Resistência/k $\Omega \pm 0,001 k\Omega$	Variação da Resistência/k $\Omega \pm 0,001 k\Omega$
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, naum é  
que podemos visualizar como:



Comparando com o precesto pelas equações  
indicadas no passo B 4.



A diferença entre os dois métodos é muito pequena.

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

Compreendemos assim que o declive da reta experimental é maior do que o previsível 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 associado à reta experimental não é nula como seria de esperar.

Comparar vita incutizar!.

### Conclusão:

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

Poderemos também validar as leis da relativa resistências em série e em paralelo, nas condições da experiência. O valor experimental obtido apesar de não incluir (devido à incerteza) o valor previsível estes diferem de menos de 250%.

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