

Atividade T6F : Ponte de Wheatstone

Alguns problemas na análise de dados.

85%

→ ligar o voltímetro para verificar o ϕ

→ Resistência segundo código de cores

$$R_A = 1200 \Omega (\pm 1\%)$$

$$R_A: 0,03 \text{ mV}$$

$$R_B: 0,03 \text{ mV}$$

$$R_C: 0,02 \text{ mV}$$

$$R_S: 0,01 \text{ mV}$$

$$R_P: 0,05 \text{ mV}$$

Tabela 1

	R_3 (Código de cores)	R_3 (Ohmmetro)	$R_4 \pm \Delta R_4$	$R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2}$	ΔR_3	% erro em R_3
R_A	$1200 \pm 5\% \Omega$	$(117 \pm 0,01) \text{ k}\Omega$	$(1199,3 \pm 0,1) \Omega$			
R_B	$2200 \pm 5\% \Omega$	$(2,12 \pm 0,01) \text{ k}\Omega$	$(2164,5 \pm 0,1) \Omega$			
R_C	$3300 \pm 5\% \Omega$	$(3,24 \pm 0,01) \text{ k}\Omega$	$(3290,0 \pm 0,1) \Omega$			
R_A em R_B		$(3364,6 \pm 0,1) \Omega$				
R_A em R_C		$(771,6 \pm 0,1) \Omega$				

$$R_1 = 1000 \Omega$$

$$R_2 = 1000 \Omega$$

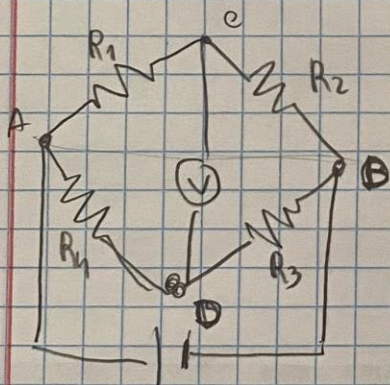


Imagem 1

Ponte Fora de equilíbrio

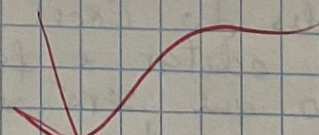
→ tensão entre A e B = $(0,657 \pm 0,001) \text{ V} = \underline{\underline{E_S}}$

→ $R_4 = (1091,6 \pm 0,1) \Omega$

→ $R_1 = R_2 = 1000 \Omega$

→ a variação de temperatura é lenta o que é normal pois se assim a temperatura do corpo aquece + homogeneamente.

Circuito 1 em Série



- começamos por medir diretamente as resistências R_3 a, b e c com a ajuda de um multímetro a funcionar como voltímetro
- depois medimos de novo as mesmas 3 resistências através do código de cores
- montamos o circuito 1 tal como dá para observar na Imagem 1
- ligamos o circuito e ajustamos a R_4 até que o voltímetro mostrasse uma tensão o mais perto possível de 0V.
 quão próxima? menos que 0.05?
- preenchemos a Tabela 1 e repetimos o processo para todas as resistências R_3 .
- alteramos o circuito para criar uma ponte de Wheatstone em equilíbrio e incluir a resistência de aquecimento *figura*
- para facilitar o registo de dados, em vez de preencher uma tabela 2 durante o tempo em que o circuito esteve ligado, filmamos com um telemóvel os ecrãs do voltímetro do multímetro e de um cronómetro para que depois pudessemos registar os dados com o mínimo de erros possíveis.

registo de aparelhos e suas leituras

Análise de Dados

1) Ponte de Wheatstone em Equilíbrio

Através da Tabela 1, criei esta nova versão da mesma tabela mas mais organizada e com os dados em falta:

Resistências	R_3/Ω (cores) $\pm 5\%$	$R_3/k\Omega$ (ohmímetro) $\pm 0.01 k\Omega$	R_3/Ω (ohmímetro)	R_4/Ω $\pm 0.1 \Omega$	R_3/Ω exp	$u(R_3 \text{ exp})/\Omega$	$\Delta R_3/\Omega$	% erro de R_3
R_a	1200	1.17	1170	1199.3	1199.3	16.96	29.30	2.50%
R_b	2200	2.12	2120	2164.5	2164.5	30.61	44.50	2.10%
R_c	3300	3.24	3240	3290	3290.0	46.53	50.00	1.54%
R_a e R_b em série	—	—	3290	3364.6	3364.6	47.58	74.60	2.27%
R_a e R_b em paralelo	—	—	753.9	771.6	771.6	10.91	17.68	2.34%

$R_1=1000\Omega \quad R_2=1000\Omega$

→ Calcular o R_3 experimental através das resistências a, b e c através da fórmula $R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2}$, e como $R_1 = R_2$, então $R_3 = R_4$.

→ O R_3 exp das resistências em série e ~~paralelo~~ paralelo foram calculadas através da aplicação da teoria?

R_a e $R_b \Rightarrow R = R_a + R_b$
em série

R_a e $R_b \Rightarrow R_T = \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} \right)^{-1}$
em paralelo

\Rightarrow as incertezas das resistências R_3 exp foram calculadas através da aplicação da propagação de incertezas?

$$\text{Para } R_a, R_b \text{ e } R_c \Rightarrow u^2(R_3 \text{ exp}) = \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_1} \right)^2 u^2(R_1) + \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_2} \right)^2 u^2(R_2) + \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_3} \right)^2 u^2(R_3)$$

$$\left[R_3 \text{ exp} = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2} \right] = \left[\frac{R_1}{R_2} u(R_4) \right]^2 + \left[\frac{R_4}{R_2} u(R_1) \right]^2 + \left[-\frac{R_1 R_4}{R_2^2} u(R_2) \right]^2$$

$$= 2 \left[\frac{R_2}{100} \right]^2 + u^2(R_4)$$

Para R_a e $R_b \Rightarrow u^2(R_3 \text{ exp}) = \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_a} \right)^2 u^2(R_a) + \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_b} \right)^2 u^2(R_b) =$
em série

$$R_3 \text{ exp} = R_a + R_b$$

$$= u^2(R_a) + u^2(R_b) = 2 \times (0,01)^2 \text{ K}\Omega$$

$$= (10,10)^2 + (30,61)^2$$

$$u(R_3) = \sqrt{2 \times (0,01)^2} \text{ K}\Omega =$$

$$= \sqrt{2} \times 0,01 \text{ K}\Omega = 10\sqrt{2} \Omega$$

$$= 1 \times 10^1 \Omega = \underline{\underline{10\sqrt{2}}}$$

Para R_a e $R_b \Rightarrow u^2(R_3) = \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_a} \right)^2 u^2(R_a) +$
em paralelo

$$R_3 \text{ exp} = \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} \right)^{-1} + \left(\frac{\partial R_3}{\partial R_b} \right)^2 u^2(R_b) = 1,88 \times 10^{-5} \text{ K}\Omega$$

$$= \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b}$$

$$u(R_3) = \sqrt{1,88 \times 10^{-5}} = 4 \times 10^{-3} \text{ K}\Omega =$$

$$\underline{\underline{4 \Omega}}$$

\rightarrow na coluna das incertezas da Tabela, os valores calculados estão com excesso de algarismos significativos propositalmente para poder comparar os valores obtidos com os da R_3 .

\rightarrow através da última coluna poderíamos concluir que o erro desta experiência foi relativamente baixo já que nunca chegou a 3%, mas ao analisarmos os intervalos de $[R_3 \text{ exp} - u(R_3 \text{ exp}), R_3 \text{ exp} + u(R_3 \text{ exp})]$, verificamos que os valores de R_3 ohmímetro ~~não~~ nunca pertencem a este intervalo.

2) Ponte de Wheatstone Fora de Equilíbrio

Tal como mencionado previamente, a recolha dos dados desta parte da experiência foi feita através de um vídeo, e foram depois passados para uma tabela organizada:

Ponte em
Equilíbrio/k Ω
 $\pm 0,001k\Omega$:

1.088

~~1.0916~~ $\Rightarrow R_4$

Tensão na
Resistência de
Platina/ V
 $\pm 0,001 V$:

0.657

feito através da
matriz linear e
presente no gráfico 1

Tempo/s $\pm 0,01s$	Tensão/ μV $\pm 0,01 mV$	Tensão/V $\pm 1E-04 V$	Resistência/k Ω $\pm 0,001k\Omega$	Δ Resistência/k Ω $\pm 0,001k\Omega$	Ajuste Linear	Reta de ajuste 1	Reta de ajuste 2
46.60	0.49	4.9E-04	1.090	0.002	0.498	3.0E-04	3.0E-04
75.64	0.67	6.7E-04	1.091	0.003	0.666	4.5E-04	4.5E-04
104.26	0.82	8.2E-04	1.092	0.004	0.834	6.0E-04	6.0E-04
136.33	1.00	1.0E-03	1.093	0.005	1.002	7.5E-04	7.5E-04
165.31	1.17	1.2E-03	1.094	0.006	1.170	9.0E-04	9.0E-04
195.35	1.35	1.4E-03	1.095	0.007	1.338	1.0E-03	1.0E-03
221.20	1.51	1.5E-03	1.096	0.008	1.506	1.2E-03	1.2E-03
251.71	1.69	1.7E-03	1.097	0.009	1.674	1.3E-03	1.3E-03
281.40	1.86	1.9E-03	1.098	0.010	1.842	1.5E-03	1.5E-03
309.95	2.03	2.0E-03	1.099	0.011	2.010	1.6E-03	1.6E-03
336.15	2.13	2.1E-03	1.100	0.012	2.178	1.8E-03	1.8E-03

Matriz de Ajuste Linear

168	0.162182
1.939394	0.014897
0.998802	0.020341

* vou despre-
zar este último
ponto já que
é o único
que não pertence
à mesma tendência
linear que os
outros pontos,
provavelmente devido
a um erro (de
medição) aleatório

algum
signifi-
cância

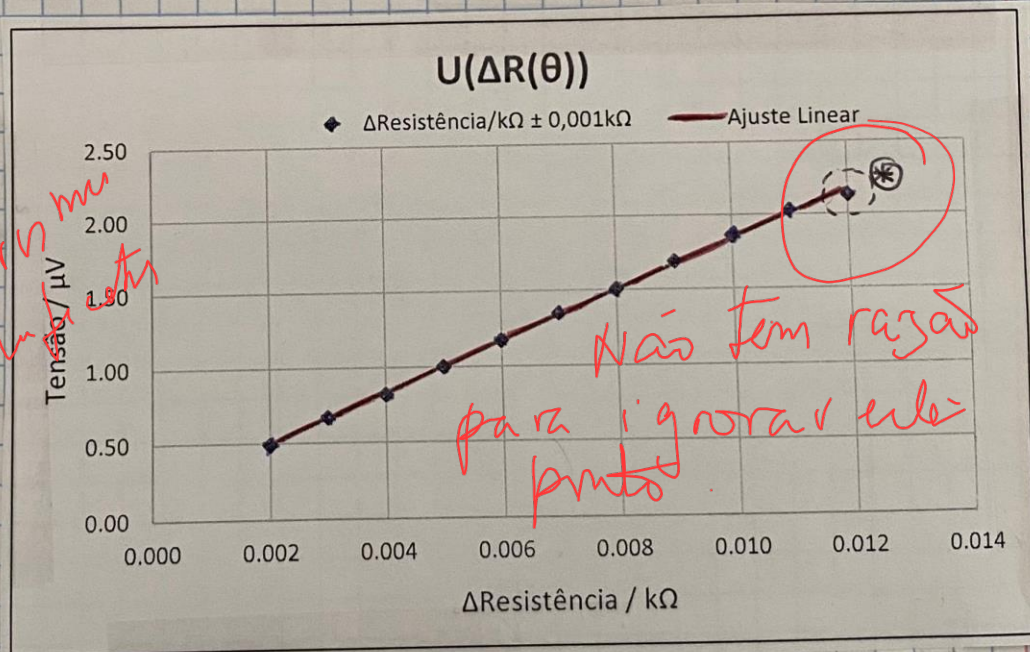


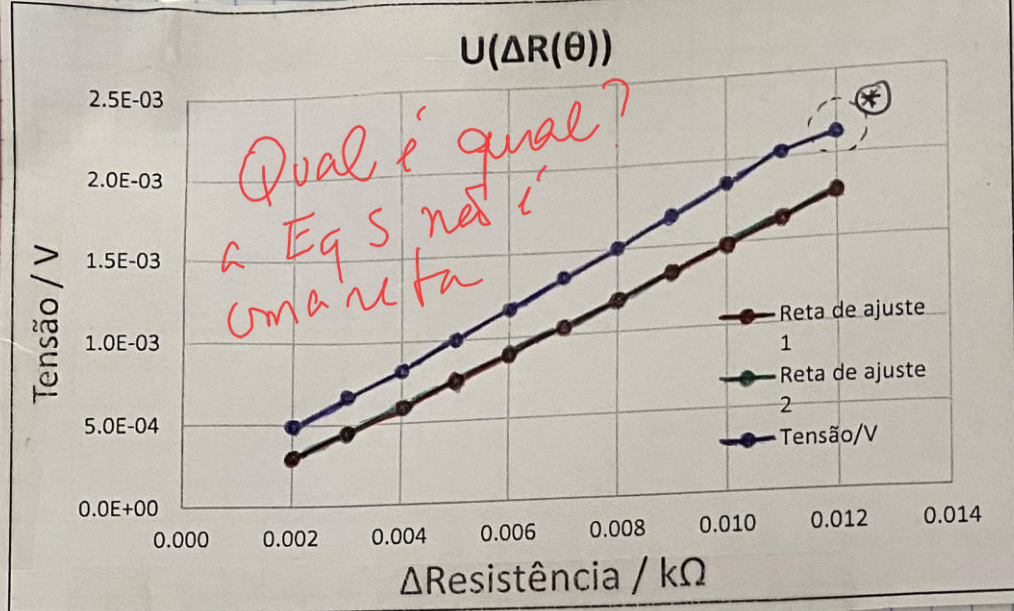
Gráfico 1

\Rightarrow Neste 1º gráfico podemos visualizar os dados obtidos ~~através~~ com a ponte em desequilíbrio e com a resistência de aquecimento, mais especificamente, da variação da tensão em função da variação da resistência $R_3(\theta)$

\Rightarrow No gráfico seguinte, é possível observar novamente a tensão em função de $\Delta R_3(\theta)$, e também duas outras retas coincidentes denominadas de "Reta de Ajuste 1" e "Reta de Ajuste 2", que representam as funções dadas pelas equações 5 e 6 do protocolo:

$$(5) \Delta V = \frac{\Delta R_{Es}}{4R_0 + 2R}$$

$$(6) \Delta V = \frac{\Delta R_{Es}}{4R_4}$$



* tal como no gráfico 1, o último ponto vai ser desprezado, pelas mesmas razões

Quanto a ΔE_s ?

Gráfico 2

→ as duas retas de ajuste representam o declive ~~teórico~~ que pode ser obtido através de uma regressão linear
→ a reta da "Tensão/V" representa o declive experimental

$$\text{declive experimental} = 0,168$$

$$\text{declive teórico} = 0,148$$

→ logo, o declive experimental é maior do que o previsto, ou seja, os dados experimentais são bastante precisos mas menos exatos do que precisos, embora os erros experimentais serem bastante reduzidos (maior erro é 0,01mV ou 0,001kΩ)

Conclusão

Quanto à primeira parte da experiência, conseguimos utilizar a ponte de Wheatstone para medir o valor de diferentes resistências, mas o erro foi maior do que o previsto, pois embora o erro % de R_3 tenha sido sempre menor que 3%, os valores de R_3 medidos ~~em~~ diretamente com um ohmímetro ~~não~~ não pertenceram ao intervalo criado pelos valores de R_3 experimental e as suas incertezas, o que dá a entender que os resultados não são muito exatos. Podemos confirmar a veracidade das leis das resistências em série e em paralelo, com o maior erro relativo igual a 2,34%.

Quanto à segunda parte da atividade, ~~que~~ pudimos observar o comportamento de uma resistência de aquecimento numa ponte de Wheatstone fora de equilíbrio, e os resultados ~~estão~~ estão bastante próximos, ~~mas~~ o erro que impediu uma maior exatidão dos dados finais pode estar relacionada com o ponto de equilíbrio no sistema não ter ficado perfeito visto que a tensão inicial era ~~sempre~~ sempre ligeiramente maior do que 0V. (quanto)