

Nome	RA	Curso/Turma
Vitor Hugo Ferrari Ribeiro	112481	Física / 34

Experimento III

Elementos Resistivos Lineares e não Lineares

I. Resistor de Porcelana

Com a fonte zerada foi montado o circuito conforme ilustra a Fig. 1(B);

Devem ser coletados os dados experimentais da tensão e corrente elétrica por meio do vídeo do experimento. Os dados devem ser coletados de 0,2 em 0,2 V até 1V e de 0,5 em 0,5 V de 1 a 5 V, anotando as respectivas correntes para cada tensão na Tabela 1. Obs.: Os valores de tensão não apresentarão valores exatos de variação entre os diferentes pontos de tensão, desta forma, colem valores em torno do valor esperado.

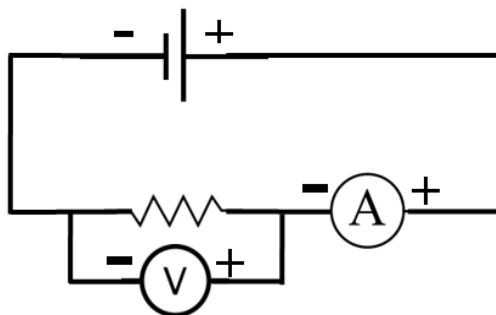


Figura 1. Circuito para medida da V em função da i no resistor de porcelana.

Tabela 1. Dados obtidos para o resistor de porcelana.

$(V \pm \Delta V) V$	$(i \pm \Delta i) mA$	$(R_{calc} \pm \Delta R) \Omega$
$0,207 \pm 0,005$	$02,06 \pm 0,01$	$100,48 \pm 0,01$
$0,408 \pm 0,005$	$04,06 \pm 0,01$	$100,49 \pm 0,01$
$0,601 \pm 0,005$	$05,99 \pm 0,01$	$100,33 \pm 0,01$
$0,805 \pm 0,005$	$08,02 \pm 0,01$	$100,37 \pm 0,01$
$1,004 \pm 0,005$	$10,00 \pm 0,01$	$100,4 \pm 0,01$
$1,51 \pm 0,01$	$15,05 \pm 0,01$	$100,33 \pm 0,01$
$2,00 \pm 0,01$	$20,03 \pm 0,01$	$99,85 \pm 0,01$
$2,51 \pm 0,01$	$25,08 \pm 0,01$	$100,08 \pm 0,01$
$3,00 \pm 0,01$	$30,00 \pm 0,01$	$100 \pm 0,01$
$3,49 \pm 0,01$	$34,97 \pm 0,01$	$99,80 \pm 0,01$
$3,99 \pm 0,01$	$40,04 \pm 0,01$	$99,65 \pm 0,01$
$4,50 \pm 0,01$	$45,12 \pm 0,01$	$99,73 \pm 0,01$
$5,01 \pm 0,01$	$50,41 \pm 0,01$	$99,38 \pm 0,01$

R_{calc} : valor da resistência calculada por V / i ; δ : erro propagado para R_{calc} .

II. Filamento Metálico da Lâmpada

Com a fonte zerada foi montado o mesmo circuito da Fig. 1, porém substituindo o resistor pela lâmpada de filamento metálico (Fig. 2A);

Devem ser coletados os dados experimentais da tensão e corrente elétrica por meio do vídeo do experimento. Os dados devem ser coletados de 0,2 em 0,2 V até 1V e de 0,5 em 0,5 V de 1 a 5 V, anotando as respectivas correntes para cada tensão na Tabela 2. Observação: I) os valores de tensão não necessitam ser de 0,2 em 0,2 V precisamente, podem ser um valor próximo; II) a tensão máxima da lâmpada é de 12 V, para evitar danos e acidentes, a tensão da fonte foi variada lentamente.

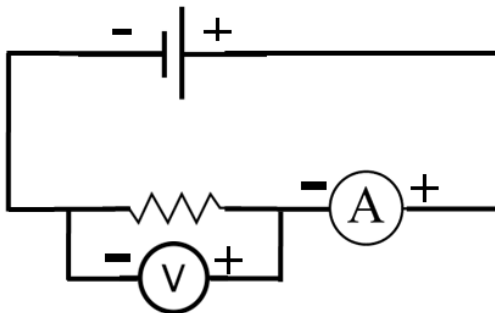


Figura 2. Circuito para medida da V em função da i na lâmpada de filamento.

Tabela 2. Dados obtidos para o filamento da lâmpada.

$(V \pm \Delta V) \text{ V}$	$(i \pm \Delta i) \text{ mA}$	$(R_{calc} \pm \Delta R) \Omega$
$0,206 \pm 0,005$	$29,32 \pm 0,01$	$7,02 \pm 0,01$
$0,400 \pm 0,001$	$37,78 \pm 0,01$	$10,59 \pm 0,01$
$0,606 \pm 0,001$	$42,25 \pm 0,01$	$14,34 \pm 0,01$
$0,805 \pm 0,001$	$50,27 \pm 0,01$	$16,01 \pm 0,01$
$1,024 \pm 0,001$	$56,52 \pm 0,01$	$18,12 \pm 0,01$
$1,50 \pm 0,01$	$68,65 \pm 0,01$	$21,85 \pm 0,01$
$2,01 \pm 0,01$	$80,03 \pm 0,01$	$25,11 \pm 0,01$
$2,50 \pm 0,01$	$90,30 \pm 0,01$	$27,68 \pm 0,01$
$3,04 \pm 0,01$	$100,58 \pm 0,10$	$30,22 \pm 0,01$
$3,50 \pm 0,01$	$109,04 \pm 0,10$	$32,09 \pm 0,01$
$4,00 \pm 0,01$	$117,76 \pm 0,10$	$33,97 \pm 0,01$
$4,51 \pm 0,01$	$126,15 \pm 0,01$	$35,75 \pm 0,01$
$5,00 \pm 0,01$	$133,83 \pm 0,05$	$37,36 \pm 0,01$

R_{calc} : valor da resistência calculada por V/i ; δ : erro propagado para R_{calc} .

III. Termistor NTC

O comportamento da resistência elétrica de um termistor NTC em função da temperatura é dado pela equação:

$$R(T) = R_0 \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}, \quad (1)$$

Na qual R_0 é a resistência na temperatura ambiente (T_0) e B é o coeficiente de temperatura do NTC.

O experimento foi construído conforme ilustra a Fig. 3(B), conectando um ohmímetro ao sistema constituído pelo NTC e um termômetro de mercúrio, graduado em escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Preferencialmente, a escala do ohmímetro não deve ser mudada durante a realização da medida, para isso deve-se ajustar a melhor escala em T_0 utilizando o multímetro com escala selecionável.

Devem ser coletados os dados experimentais da resistência elétrica em função da temperatura. Inicialmente deve ser anotado o valor da temperatura e da resistência antes de iniciar a reprodução do vídeo do experimento, estes serão os valores para temperatura ambiente (R_0 e T_0) do dia da gravação do experimento. Ao conectar o sistema à tomada, a temperatura e, conseqüentemente, a resistência variam, sendo assim os dados devem ser coletados a cada 2°C até $\sim 80^{\circ}\text{C}$. Todos os dados devem ser anotados na Tabela 3. Ao atingir a temperatura final o sistema é desconectado da tomada imediatamente, para preservar o bom funcionamento do NTC. Todo o sistema fica em alta temperatura, logo não se deve tocá-lo para evitar acidentes.

Observação: A temperatura varia rapidamente, por isso preste atenção na leitura do termômetro.

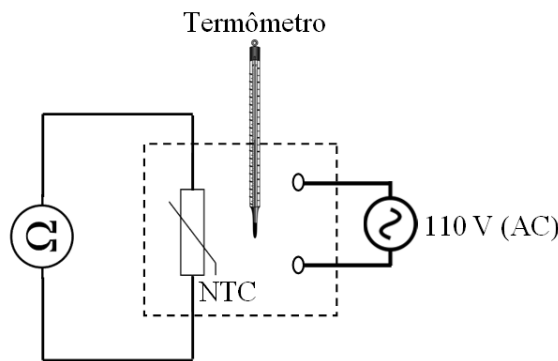


Figura 3. Sistema para a medida da resistência em função da temperatura para um termistor NTC.

Tabela 3. Dados obtidos para o termistor NTC.

$(T \pm \Delta T) \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T \text{ (K)}$	$1/T \text{ (K}^{-1}\text{)}$	$(R \pm \Delta R) \text{ k}\Omega$	$\log_{10}(R)$
$T_0 = 19 \pm 0,5$	292,15	0,00342	$R_0 = 14,288$	1,15497
$20,0 \pm 0,5$	293,15	0,00341	$13,363 \pm 0,010$	1,12590
$22,0 \pm 0,5$	295,15	0,00338	$11,676 \pm 0,010$	1,06729
$24,0 \pm 0,5$	297,15	0,00336	$10,431 \pm 0,010$	1,01832
$26,0 \pm 0,5$	299,15	0,00334	$9,421 \pm 0,010$	0,97409
$28,0 \pm 0,5$	301,15	0,00332	$8,527 \pm 0,010$	0,93079
$30,0 \pm 0,5$	303,15	0,00329	$7,793 \pm 0,010$	0,89170
$32,0 \pm 0,5$	305,15	0,00327	$7,067 \pm 0,010$	0,84923
$34,0 \pm 0,5$	307,15	0,00325	$6,440 \pm 0,010$	0,80888
$36,0 \pm 0,5$	309,15	0,00323	$5,883 \pm 0,0010$	0,76959
$38,0 \pm 0,5$	311,15	0,00321	$5,436 \pm 0,010$	0,73528
$40,0 \pm 0,5$	313,15	0,00319	$4,959 \pm 0,010$	0,69539
$42,0 \pm 0,5$	315,15	0,00317	$4,545 \pm 0,010$	0,65753
$44,0 \pm 0,5$	317,15	0,00315	$4,191 \pm 0,010$	0,62232
$46,0 \pm 0,5$	319,15	0,00313	$3,854 \pm 0,010$	0,58591
$48,0 \pm 0,5$	321,15	0,00311	$3,553 \pm 0,010$	0,55059
$50,0 \pm 0,5$	323,15	0,00309	$3,282 \pm 0,010$	0,51614
$52,0 \pm 0,5$	325,15	0,00307	$3,014 \pm 0,010$	0,47914
$54,0 \pm 0,5$	327,15	0,00305	$2,789 \pm 0,010$	0,44545
$56,0 \pm 0,5$	329,15	0,00303	$2,570 \pm 0,010$	0,40993
$58,0 \pm 0,5$	331,15	0,00301	$2,373 \pm 0,010$	0,37529
$60,0 \pm 0,5$	333,15	0,003002	$2,194 \pm 0,010$	0,34124
$62,0 \pm 0,5$	335,15	0,00298	$2,041 \pm 0,010$	0,30984
$64,0 \pm 0,5$	337,15	0,00296	$1,898 \pm 0,010$	0,27829
$66,0 \pm 0,5$	339,15	0,00294	$1,767 \pm 0,010$	0,24724
$68,0 \pm 0,5$	341,15	0,002931	$1,634 \pm 0,010$	0,21325
$70,0 \pm 0,5$	343,15	0,00291	$1,520 \pm 0,010$	0,18184
$72,0 \pm 0,5$	345,15	0,00289	$1,421 \pm 0,010$	0,15259
$74,0 \pm 0,5$	347,15	0,00288	$1,331 \pm 0,010$	0,12417
$76,0 \pm 0,5$	349,15	0,00286	$1,231 \pm 0,010$	0,09026
$78,0 \pm 0,5$	351,15	0,00284	$1,153 \pm 0,010$	0,06183
$80,0 \pm 0,5$	353,15	0,00283	$1,076 \pm 0,010$	0,03181

IV. Foto Resistor LDR

A relação entre a resistência elétrica e a intensidade da luz incidente no LDR, pode ser expressa por:

$$R = R_0 \cdot L^\alpha \quad (2)$$

Sendo R a resistência em Ohms, L é o fluxo luminoso sobre a área do LDR em Lux e R_0 e α ($\alpha < 0$) constantes.

Com a fonte zerada foi montado o sistema ilustrado na Fig. 4(B). Inicialmente a lâmpada encontra-se na posição inicial (x_0), conforme mostra a Fig. 4. Por meio do vídeo do experimento, devem ser coletados os valores para resistência do LDR em função da variação da posição da lâmpada no interior do tubo opaco. Os dados experimentais devem ser coletados de 0,5 em 0,5 cm, desde a posição inicial até a posição final x_f (nesta última posição a lâmpada se encontra na posição mais próxima ao LDR) e inseridos na Tabela 4. Observação:

Os valores de x correspondem à posição da lâmpada e não a distância d entre lâmpada e LDR, para obter este valor devemos considerar que o LDR está na posição $X_{LDR} = 15 \text{ cm}$, e a distância d é dada pela diferença entre a posição do LDR e a posição da lâmpada (x^*), ou seja, $d = X_{LDR} - x^* = 15 - x^*$.

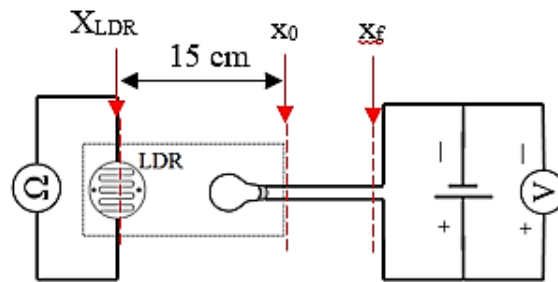


Figura 4. Sistema para a medida da resistência em função da distância para um foto resistor LDR.

Tabela 4. Dados obtidos para o foto resistor LDR.

$(R \pm \Delta R) \text{ k}\Omega$	$x^* \text{ (cm)}$	$d \text{ (cm)}$ $(d = 15 - x^*)$	$1/d^2 \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	$\log_{10}(1/d^2)$	$\log_{10}(R)$
$16,301 \pm 0,010$	$x_0^* = 0$	15,0	0,0044	-2,3565	1,2122
$15,210 \pm 0,010$	0,5	14,5	0,0047	-2,3279	1,1821
$13,989 \pm 0,010$	1,0	14,0	0,0051	-2,2924	1,1458
$12,598 \pm 0,010$	1,5	13,5	0,0055	-2,2596	1,1003
$11,230 \pm 0,010$	2,0	13,0	0,0059	-2,2291	1,0504
$9,722 \pm 0,010$	2,5	12,5	0,0064	-2,1938	0,9877
$8,593 \pm 0,010$	3,0	12,0	0,0069	-2,1612	0,9341
$7,985 \pm 0,010$	3,5	11,5	0,0076	-2,1192	0,9023
$7,571 \pm 0,010$	4,0	11,0	0,0083	-2,0809	0,8791
$6,680 \pm 0,010$	4,5	10,5	0,0091	-2,0409	0,8247
$5,896 \pm 0,010$	5,0	10,0	0,01	-2	0,7705
$5,071 \pm 0,010$	5,5	9,5	0,0111	-1,9547	0,7051
$4,308 \pm 0,010$	6,0	9,0	0,0123	-1,9101	0,6343
$3,508 \pm 0,010$	6,5	8,5	0,0138	-1,8601	0,5450
$2,827 \pm 0,010$	7,0	8,0	0,0156	-1,8069	0,4513
$2,362 \pm 0,010$	7,5	7,5	0,0177	-1,7520	0,3733
$2,065 \pm 0,010$	8,0	7,0	0,0204	-1,6904	0,3149
$1,660 \pm 0,010$	8,5	6,5	0,0237	-1,6252	0,2201
$1,346 \pm 0,010$	9,0	6,0	0,0277	-1,5575	0,1290
$1,095 \pm 0,010$	9,5	5,5	0,0331	-1,4802	0,0394
$0,861 \pm 0,010$	10	5,0	0,04	-1,3979	-0,0649
$0,577 \pm 0,010$	10,5	4,5	0,0494	-1,3063	-0,2388
$0,392 \pm 0,001$	11	4,0	0,0625	-1,2041	-0,4067
$0,285 \pm 0,001$	11,5	3,5	0,0816	-1,0883	-0,5451
$0,218 \pm 0,001$	$x_f = 12$	3,0	0,1111	-0,9543	-0,6615

x^* = valor da marcação na haste metálica;

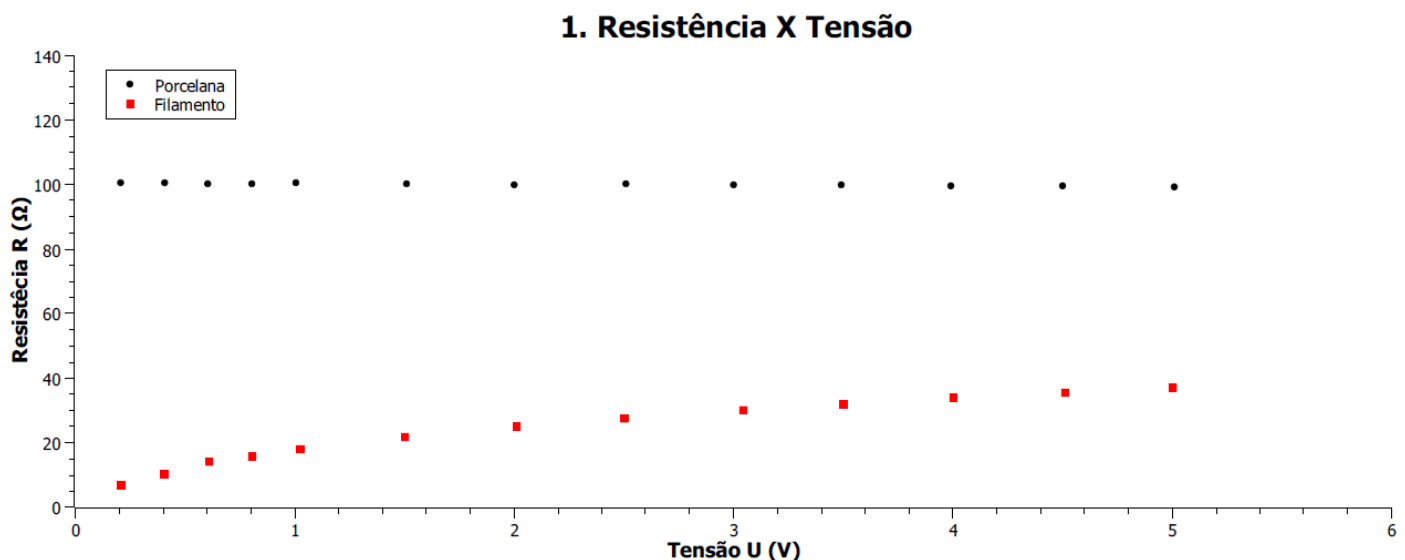
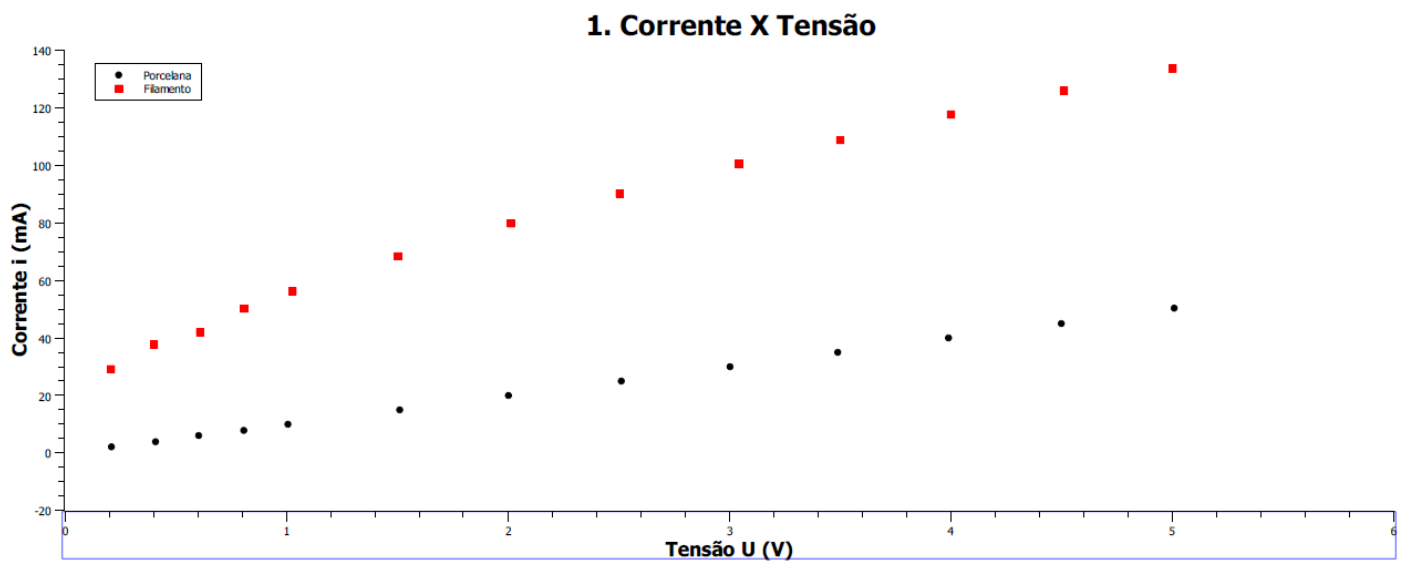
x_0 = posição inicial da lâmpada: maior distância entre a lâmpada e o LDR no interior do tubo;

x_f = posição final da lâmpada: menor distância entre a lâmpada e o LDR no interior do tubo;

d = distância entre o LDR e a lâmpada no interior do tubo ($d = 15 - x^*$).

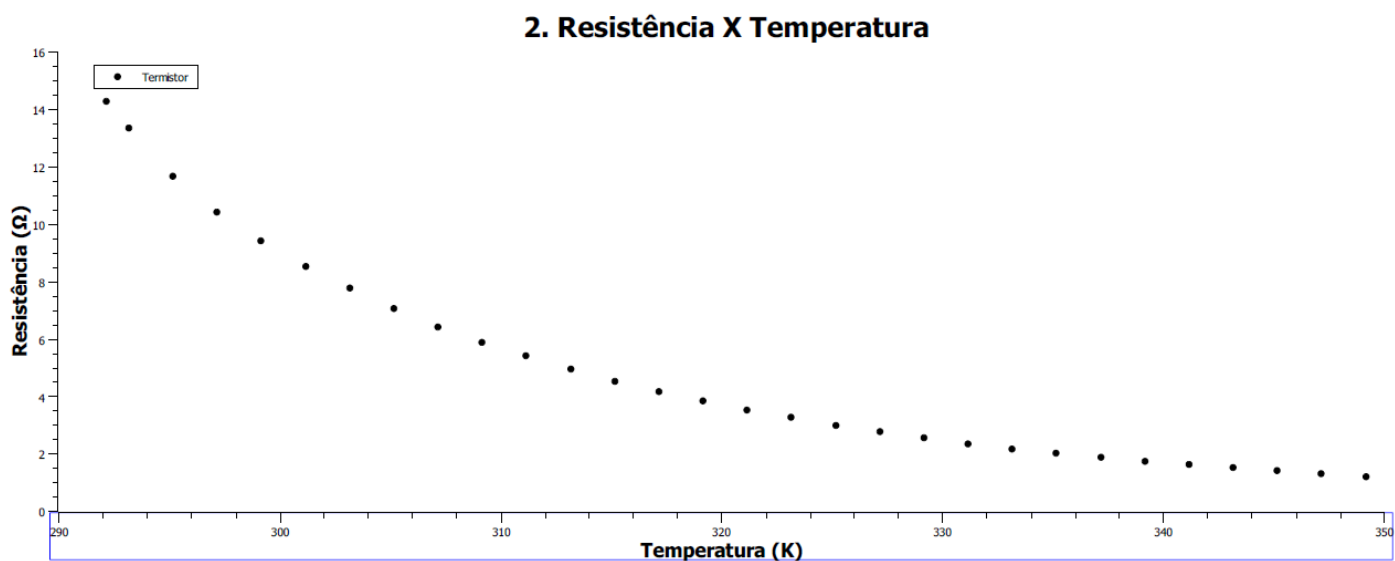
V. Discussão dos Resultados Obtidos:

- 1) Construa dois gráficos: um gráfico de $i \times V$ e o outro de $R_{cal} \times V$ comparando o comportamento do resistor de porcelana e do filamento da lâmpada, conforme ilustra o exemplo. Para facilitar a comparação entre os dois elementos resistivos, utilizem os mesmos limites da escala no eixo y (ex. de 0 a 110 Ω tanto para o resistor de porcelana quanto para o filamento de lâmpada; de 0 a 150 mA, tanto para o resistor de porcelana quanto para o filamento de lâmpada). Quais dos elementos resistivos são ôhmicos? Justifique sua resposta com base nos comportamentos dos gráficos construídos. Os gráficos devem ser inseridos na folha de resposta e seus arquivos originais enviados separadamente em formato “nome_arquivo.sciprj” (Programa SciDAvis). No título do arquivo dos gráficos devem constar o número da questão.



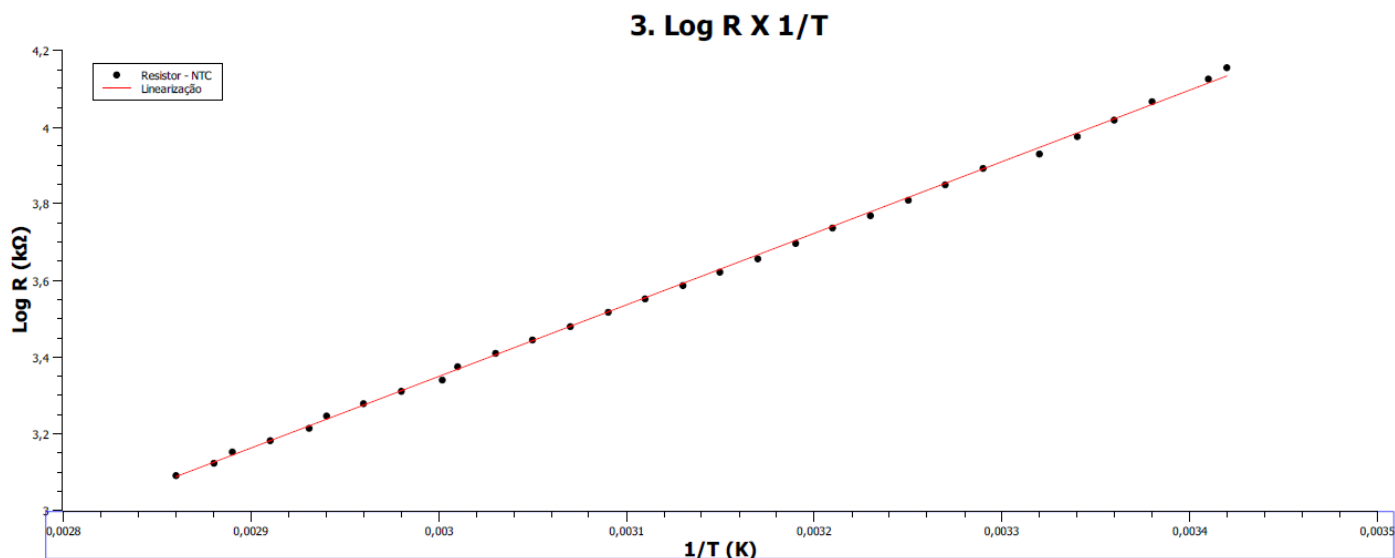
Através dos gráficos podemos observar que o resistor de porcelana é ôhmico, pois ele descreve uma reta com boa aproximação, respeitando a lei de ohm ($U = R \cdot i$), o mesmo já não ocorre com o filamento de lâmpada, observamos uma curva no crescente nos dois gráficos, o que é característico de um resistor não ôhmico.

- 2) Construa o gráfico de R em função T para o termistor. Com base no comportamento da resistência com o aumento da temperatura, justifique porque se trata de um termistor NTC. O gráfico deve ser inserido na folha de resposta e seu arquivo original enviado separadamente em formato “nome_arquivo.sciprj” (Programa SciDAvis). No título do arquivo dos gráficos devem constar o número da questão.



Observamos que a curva descrita pelo gráfico acima, representa um dispositivo cuja resistência diminui com o aumento da temperatura. Sabemos que termistor usado no experimento foi o NTC – Negative Temperature Coeficiente, de fato, comprovando sua utilidade, como o próprio nome já diz.

- 3) Com base no resultado do item anterior e da equação (1), construa o gráfico de $\log R$ em função de $1/T$ (em Kelvin) de modo que os dados experimentais sejam linearizados para o termistor NTC. Por meio da linearização do gráfico determine o valor do coeficiente de temperatura B. O gráfico deve ser inserido na folha de resposta e seu arquivo original enviado separadamente em formato “nome_arquivo.sciprj” (Programa SciDAvis). No título do arquivo dos gráficos devem constar o número da questão.



Olhando para a equação que descreve o comportamento de um termistor:

$$R(T) = R_0 \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Podemos ver que ao aplicar o logaritmo nos dois lados da igualdade, e rearranjando os termos, obtemos uma equação que podemos compará-la com a equação da reta e dessa forma localizar os coeficiente lineares e angulares da equação.

Assim:

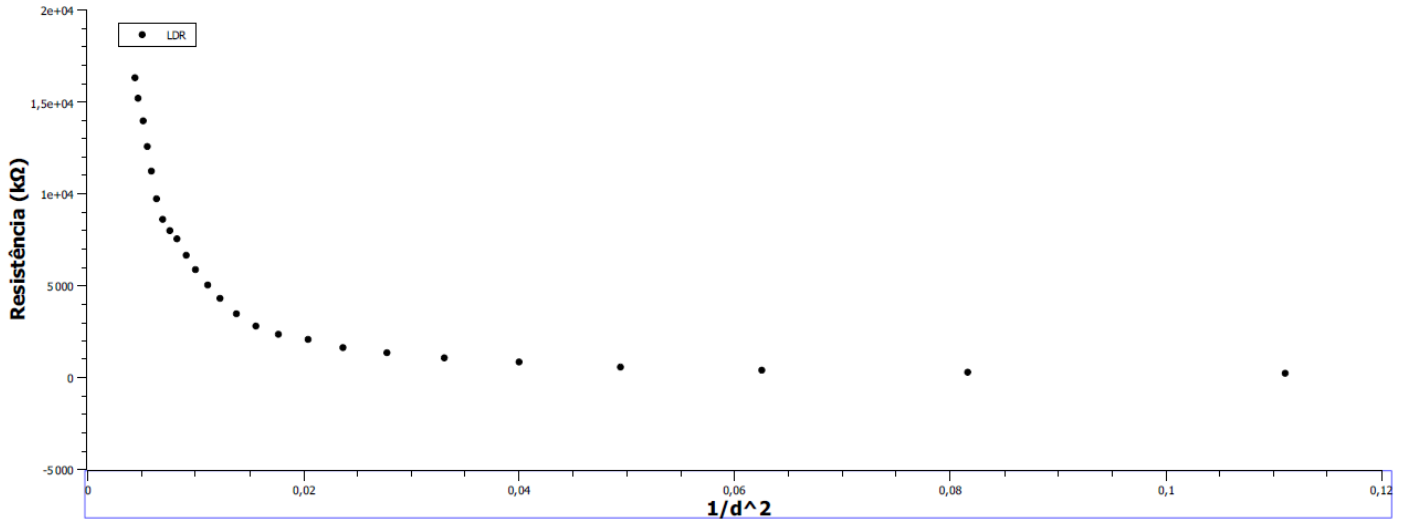
$$A = B \cdot \log(e)$$

$$B = \frac{A}{\log(e)}$$

E portanto: $B = -2,24797 \pm 0,02791$

- 4) Mostre que a luminosidade (L), equação (2), é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte ao LDR (d). Construa o gráfico de R em função $1/d^2$ para o LDR e discuta o comportamento da resistência do LDR com o aumento da luminosidade. O gráfico deve ser inserido na folha de resposta e seu arquivo original enviado separadamente em formato “nome_arquivo.sciprj” (Programa SciDAvis). No título do arquivo dos gráficos devem constar o número da questão.

4. Resistência X $1/d^2$



Para deduzir está expressão, vamos adotar uma fonte luminosa orientada no centro de uma esfera de raio d capaz de emitir um fluxo luminoso L . A densidade de fluxo luminoso σ que atravessa a esfera é:

$$\sigma = \frac{L}{\text{área da esfera}} = \frac{L}{4 \cdot \pi \cdot d^2}$$

L é o fluxo luminoso que atravessa a área esférica.

Analisando agora um LDR de área superficial A situado a uma distância d da fonte luminosa:

$$\sigma = \frac{L_{LDR}}{A}$$

Igualando as densidades de fluxo luminoso:

$$\frac{L}{4 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{L_{LDR}}{A}$$

Isolando L_{LDR} :

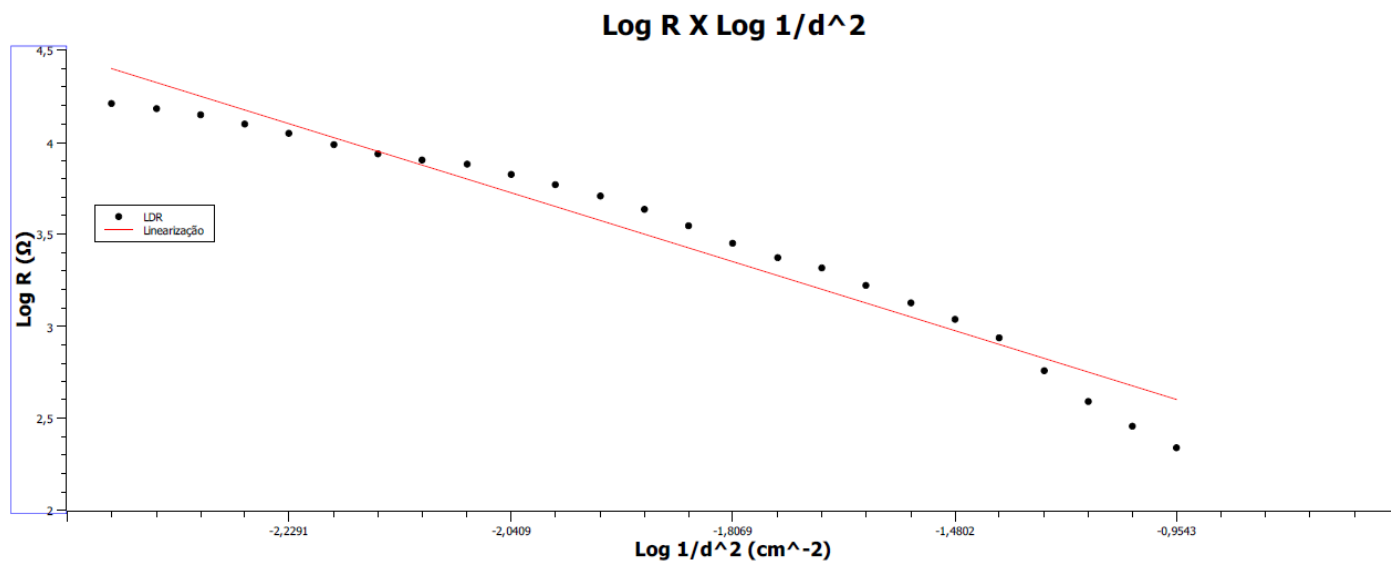
$$L_{LDR} = \frac{A \cdot L}{4 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{d^2}\right) = k \cdot \left(\frac{1}{d^2}\right)$$

Substituindo na equação 2:

$$R = R_0 \cdot \left[k \cdot \left(\frac{1}{d^2}\right) \right]^\alpha$$

Dessa forma, mostramos que de fato a luminosidade é proporcional ao inverso do quadrado da distância, onde k é uma constante de proporcionalidade. Observando o gráfico, vemos que houve uma queda exponencial da resistência quando a distância foi diminuída, o que está de acordo com as equações teóricas.

- 5) Com base no resultado do item anterior, linearize os dados de Resistência em função de $1/d^2$ e determine o valor da constante α (equação 2) para o seu LDR. O gráfico deve ser inserido na folha de resposta e seu arquivo original enviado separadamente em formato “nome_arquivo.sciprj” (Programa SciDAvis). No título do arquivo dos gráficos devem constar o número da questão.



Olhando para a equação que descreve o comportamento de um LDR:

$$R = R_0 \cdot L^\alpha$$

Podemos aplicar o logaritmo para encontrar o valor de α , e comparando com a equação da reta, temos que α corresponde ao coeficiente angular da reta, assim:

$$\alpha = 0,0748 \pm 0,0001$$