

Medidas de resistência elétrica e curvas características de elementos resistivos

Alysson Ferreira Morais

4300152 – Introdução às Medidas em Física

Instituto de Física, USP, São Paulo

Resumo

Neste experimento, levantamos as curvas características de dois elementos resistivos: um resistor de resistência nominal de 100Ω e uma lâmpada incandescente. As curvas características foram montadas a partir dos dados de corrente e tensão aplicada nos elementos. A tensão foi variada por meio de uma fonte ajustável. Verificamos que a lâmpada incandescente possui comportamento não ôhmico, mas, para voltagens abaixo de 0.15 V , há uma região de ohmicidade onde este elemento possui resistência constante $R_L = (33 \pm 2) \Omega$.

Introdução e Objetivos

Os materiais condutores estão presentes no nosso dia-a-dia e, sem eles, nossa tecnologia e nossos costumes não seriam os mesmos. A resistência utilizada para aquecer a água nos nossos chuveiros elétricos, por exemplo, é um fio metálico condutor. Os cabos que transportam a energia elétrica desde as usinas hidrelétricas até as nossas casas também são fios condutores.

Um condutor ôhmico é aquele no qual a corrente elétrica (I) que o atravessa é diretamente proporcional à diferença de potencial (V) aplicada sobre ele [1]. A constante de proporcionalidade entre V e i é chamada de resistência elétrica (R):

$$V = RI. \quad (\text{Lei de Ohm})$$

A análise do comportamento ôhmico de um elemento resistivo pode ser feita graficamente. Podemos diferenciar elementos ôhmicos e não-ôhmicos através da relação gráfica entre a tensão e a corrente no elemento, como exemplificado na **Fig. 1**. Em um resistor ôhmico, há uma relação linear entre V e I e o gráfico resultante, chamado de curva característica, é uma reta que passa pela origem. Em um elemento não-ôhmico, a relação existente entre V e I não é linear e a curva observada não é uma reta que passa pela origem.

Dentre as causas do comportamento não-ôhmico de alguns condutores estão: (i) a própria natureza elétrica do material, como é o caso dos diodos, e (ii) a ocorrência de reações químicas que alteram a natureza e/ou o comportamento do condutor, como é o caso do ar.

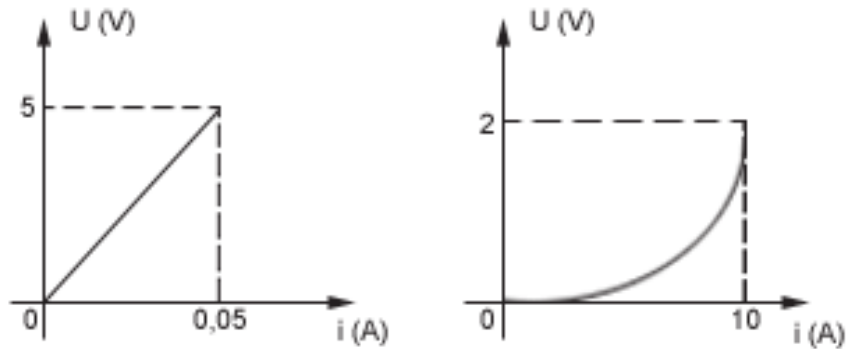


Figura 1. Esquerda: exemplo de curva característica de um resistor ôhmico. Direita: exemplo de curva característica de um resistor não ôhmico.

O objetivo deste trabalho foi adquirir familiaridade na realização de medidas em circuitos elétricos e caracterizar o comportamento ôhmico de dois elementos resistivos: um resistor de resistência nominal de 100Ω e uma lâmpada incandescente.

Procedimentos Experimentais

Para analisarmos o comportamento ôhmico dos elementos resistivos de interesse, realizamos medidas de voltagem e corrente. As medidas foram realizadas por dois multímetros digitais de marca Minipa® e modelo ET-2053. Os multímetros foram ajustados nas funções de voltímetro ou amperímetro e posicionados conforme o circuito esquematizado na **Fig. 2**. Para variar a corrente no resistor, a voltagem na fonte DC foi variada. Para alcançar voltagens menores do que a fonte podia fornecer (menores que 0.5 V), uma resistência auxiliar de 47 , 100 ou 1000Ω foi adicionada logo após a saída do polo positivo da fonte.

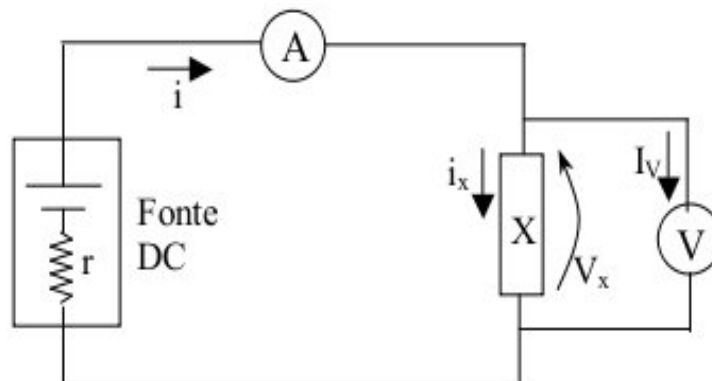


Figura 2. Circuito utilizado para as medidas de voltagem e corrente nos elementos resistivos de interesse ($X =$ resistor ou lâmpada incandescente).

As incertezas das medidas realizadas com o multímetro foram determinadas conforme manual do fabricante (vide **Tabela 1** e **Tabela 2**).

Tabela 1. Precisão das medidas de tensão (DC) conforme o fundo de escala (FAIXA) utilizado.

FAIXA	RESOLUÇÃO	PRECISÃO
400 mV	100 μ V	$\pm(0.5\% + 4D)$
4 V	1 mV	$\pm (0.8\% + 4D)$
40 V	10 mV	
400 V	100 mV	
600 V	1 V	

Tabela 2. Precisão das medidas de corrente (DC) conforme o fundo de escala (FAIXA) utilizado.

FAIXA	RESOLUÇÃO	PRECISÃO
400 μ A	0.1 μ A	$\pm(1.2\% + 4D)$
4000 μ A	1 μ A	
40 mA	10 μ A	
200 mA	100 μ A	
10 A	10 mA	$\pm (2.5\% + 4D)$

Resultados

Utilizando o circuito esquematizado na **Fig. 2**, foram coletados dados de tensão e corrente no elemento resistivo de interesse. Os dados estão organizados na **Tabela 3**.

Tabela 3. Medidas de voltagem e corrente no resistor na lâmpada.

Resistência		Lâmpada	
V (V)	i (mA)	V(V)	i (mA)
0,0050 \pm 0,0004	0,053 \pm 0,001	0,0050 \pm 0,0004	0,154 \pm 0,002
0,0100 \pm 0,0005	0,108 \pm 0,002	0,0100 \pm 0,0005	0,307 \pm 0,004
0,0150 \pm 0,0005	0,150 \pm 0,002	0,0150 \pm 0,0005	0,46 \pm 0,01
0,0250 \pm 0,0005	0,252 \pm 0,007	0,0250 \pm 0,0005	0,77 \pm 0,01
0,0700 \pm 0,0008	0,75 \pm 0,01	0,0700 \pm 0,0008	2,15 \pm 0,03
0,1000 \pm 0,0009	1,09 \pm 0,02	0,1000 \pm 0,0009	3,07 \pm 0,04
0,150 \pm 0,001	1,54 \pm 0,02	0,150 \pm 0,001	4,6 \pm 0,1
0,200 \pm 0,001	2,04 \pm 0,03	0,200 \pm 0,001	5,0 \pm 0,1
0,250 \pm 0,002	2,70 \pm 0,04	0,250 \pm 0,002	5,2 \pm 0,1
0,286 \pm 0,002	2,97 \pm 0,04	0,286 \pm 0,002	5,2 \pm 0,1
0,450 \pm 0,005	4,8 \pm 0,1	0,450 \pm 0,005	7,1 \pm 0,1

Resistência		Lâmpada	
V (V)	i (mA)	V(V)	i (mA)
$0,520 \pm 0,005$	$5,2 \pm 0,1$	$0,520 \pm 0,005$	$7,3 \pm 0,1$
$0,590 \pm 0,006$	$6,4 \pm 0,1$	$0,590 \pm 0,006$	$7,5 \pm 0,1$
$0,720 \pm 0,007$	$7,2 \pm 0,1$	$0,720 \pm 0,007$	$8,3 \pm 0,1$
$0,810 \pm 0,007$	$8,4 \pm 0,1$	$0,810 \pm 0,007$	$8,5 \pm 0,1$
$1,26 \pm 0,01$	$12,7 \pm 0,2$	$1,26 \pm 0,01$	$12,2 \pm 0,2$
$1,77 \pm 0,02$	$18,6 \pm 0,3$	$1,77 \pm 0,02$	$15,9 \pm 0,2$
$2,01 \pm 0,02$	$21,5 \pm 0,3$	$2,01 \pm 0,02$	$16,8 \pm 0,2$
$2,45 \pm 0,02$	$26,3 \pm 0,4$	$2,45 \pm 0,02$	$19,2 \pm 0,3$
$3,17 \pm 0,03$	$33,4 \pm 0,4$	$3,17 \pm 0,03$	$23,3 \pm 0,3$
$3,9 \pm 0,03$	$39,1 \pm 0,9$	$3,9 \pm 0,03$	$27,0 \pm 0,4$
$4,55 \pm 0,05$	46 ± 1	$4,55 \pm 0,05$	$29,8 \pm 0,4$
$5,23 \pm 0,05$	55 ± 1	$5,23 \pm 0,05$	$32,4 \pm 0,4$
$6,27 \pm 0,06$	69 ± 1	$6,27 \pm 0,06$	$36,8 \pm 0,5$

As curvas características do resistor e da lâmpada incandescente estão mostradas na **Fig. 3**.

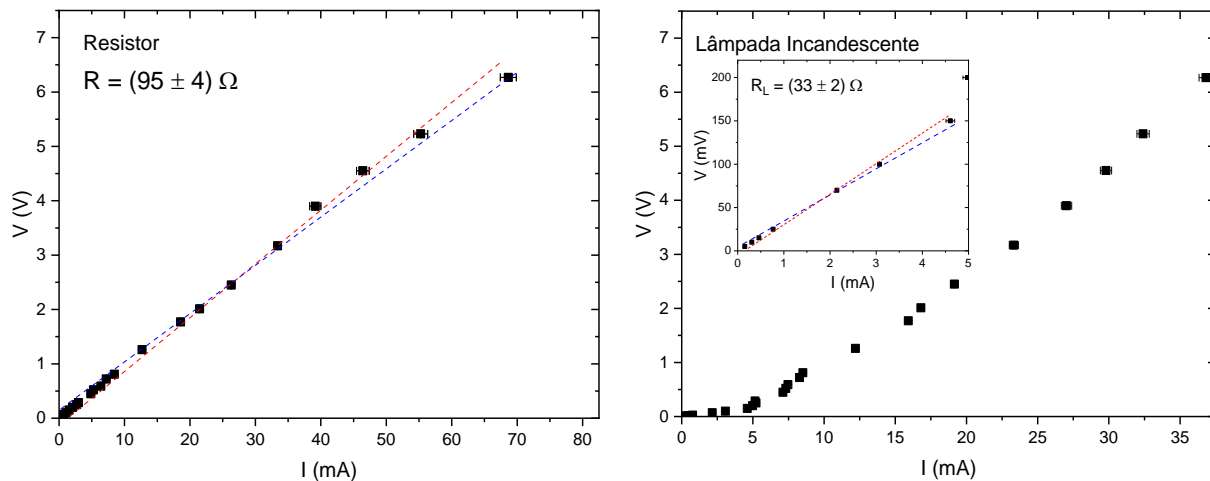


Figura 3. Curvas características do resistor (esquerda) e da lâmpada incandescente (direita). O gráfico em detalhe mostra uma ampliação da região Ôhmica da lâmpada incandescente. As retas pontilhadas mostram os ajustes lineares realizados para obter a resistência dos elementos de interesse.

Com base nos dados coletados, calculamos a resistência dos elementos estudados. Os gráficos de resistência em função da voltagem aplicada em seus polos estão mostrados na **Fig. 4**.

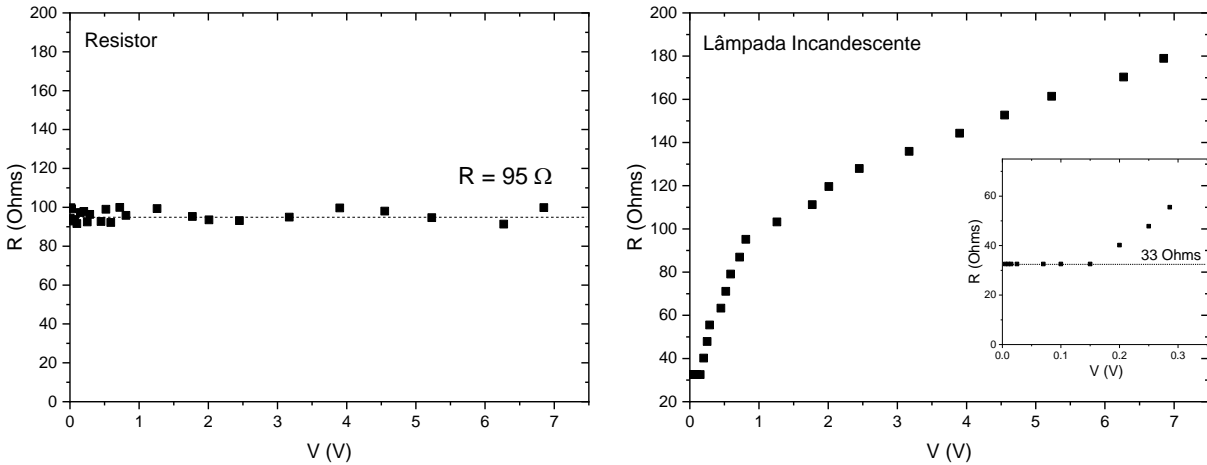


Figura 4. Resistência do resistor (esquerda) e da lâmpada incandescente (direita) em função da voltagem aplicada. O gráfico em detalhe mostra uma ampliação da região Ôhmica da lâmpada incandescente. As retas pontilhadas mostram o valor médio das resistências.

Discussão

Para que o circuito esquematizado na **Fig. 2** forneça corretamente os dados de corrente e voltagem no resistor de interesse, é necessário que $I_v \approx 0$. Para que isso ocorra, as resistências a serem medidas devem ser muito menores que a do voltímetro. Nesse caso, a corrente medida pelo amperímetro corresponde à corrente que passa pelo elemento de estudo. Para os experimentos que estamos realizando, esta condição é satisfeita, já que os componentes utilizados possuem resistência da ordem de 10^1 a $10^2 \Omega$, muito menores que a resistência do amperímetro, que é da ordem de $10^6 \Omega$.

A partir do gráfico da curva característica do resistor (**Fig. 3**, esquerda), verifica-se que este é um elemento ôhmico, já que os pontos experimentais são bem descritos por uma reta que passa pela origem. Eles seguem, portanto, a Lei de Ôhm. Este fato fica evidente quando observamos os dados de resistência em função da voltagem aplicada (**Fig. 4**, esquerda), os quais mostram que $R \approx 95 \Omega$. Um ajuste linear da curva característica deste elemento (**Fig. 3**, esquerda) mostra que, de fato, $R = (95 \pm 4) \Omega$.

A curva característica da lâmpada incandescente (**Fig. 3**, direita) não é bem descrita por uma reta que passa pela origem. Este elemento resistivo é, portanto, não-ôhmico. No entanto, uma análise mais detalhada da região de baixas voltagens ($V \lesssim 150 \text{ mV}$) mostra a existência de uma relação linear entre voltagem e corrente. Esta é, portanto, uma região de ôhmidade da

lâmpada incandescente. De fato, observa-se na **Fig. 4** (esquerda) que a resistência desse elemento varia bastante com a voltagem aplicada, podendo chegar a até cerca de 180Ω na região testada ($V \lesssim 7 \text{ V}$). O detalhe da **Fig. 4** mostra, no entanto, que, para $V \lesssim 150 \text{ mV}$, R_L se mantém em um patamar ao redor 33Ω . Um ajuste linear dos dados de V vs I na região ôhmica, mostra que $R_L = (33 \pm 2) \Omega$.

Conclusões

Em resumo, elementos resistivos podem ter seu comportamento ôhmico caracterizado a partir das suas curvas características. Em geral, mesmo elementos não-ôhmicos podem possuir uma região de ôhmidade para voltagens suficientemente baixas. No caso da lâmpada incandescente estudada neste experimento, essa região foi encontrada para $V \lesssim 150 \text{ mV}$, quando então a resistência da lâmpada foi medida: $R_L = (33 \pm 2) \Omega$. Por outro lado, o resistor de resistência nominal 100Ω , possui comportamento ôhmico em toda a região estudada ($V \lesssim 7 \text{ V}$). A sua resistência foi determinada experimentalmente e é de $(95 \pm 4) \Omega$, compatível com o valor nominal à nível de 2σ .

Referências

[1] – Nussenzveig, H. Moysés. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. Edgard Blucher, 2001.