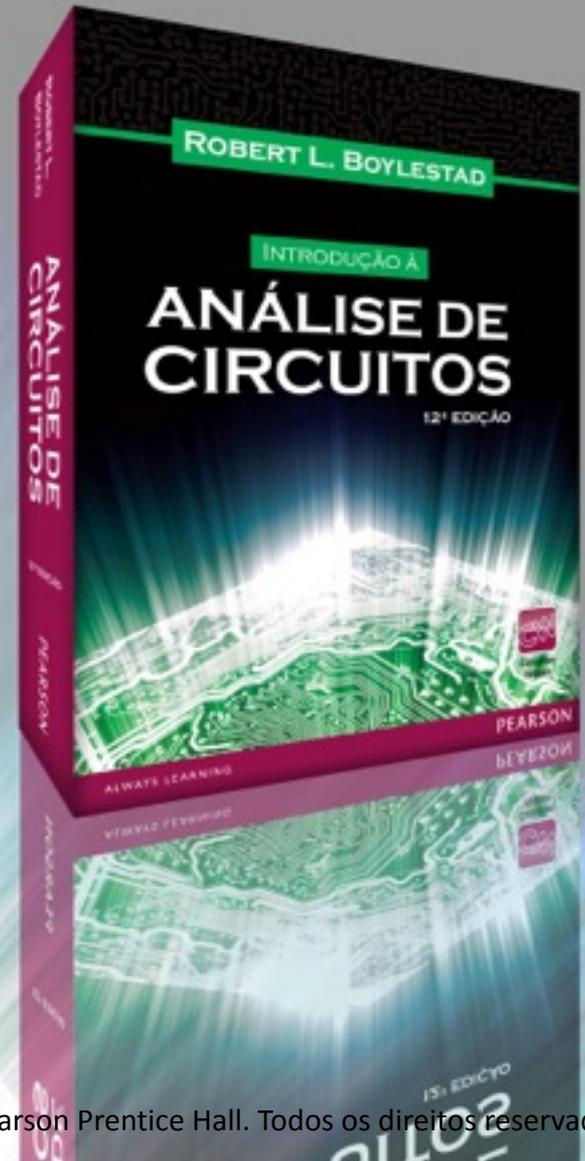


# Aula 03

## Resistência



# Objetivos

- Aprender quais os parâmetros que determinam a resistência de um elemento e calcular a resistência dos materiais a partir de suas características e dimensões.
- Adquirir alguma cultura sobre a ampla variedade de resistores disponíveis comercialmente e saber como ler o valor de cada um a partir do código de cores ou de rótulos.
- Conhecer a variedade de elementos como termistores, células fotocondutoras e varistores, e de como sua resistência terminal é controlada.
- Desenvolver a compreensão sobre os supercondutores e como eles afetam o desenvolvimento futuro da indústria.

- Na aula passada vimos que uma tensão elétrica aplicada à um circuito elétrico é responsável pelo aparecimento de uma corrente elétrica neste circuito.
- A convenção estabelecida é de que o sentido da corrente é oposto ao sentido que os portadores de carga (elétrons) teriam.
- Pergunta:
  - O que determina o nível da corrente resultante da aplicação de uma determinada tensão, ou seja, por que a corrente é mais intensa em alguns circuitos do que em outros?
  - Há uma oposição ao fluxo da carga elétrica que depende dos componentes do circuito.
  - A esta oposição ao fluxo da carga damos o nome de Resistência Elétrica

A resistência elétrica é medida em ohm  $\Omega$

O símbolo em um circuito elétrico é o dado pela figura abaixo:



**Figura 3.1** Símbolo da resistência e sua abreviação.

Microscopicamente, a resistência ocorre devido às colisões entre os elétrons livres que conduzem a corrente elétrica e outros elétrons, íons e átomos do material.

Devido a estas colisões, energia elétrica é convertida em calor o que faz a temperaturas do componente elétrico e ambiente que o cerca, aumentarem.

- A resistência de qualquer material é devida fundamentalmente a quatro fatores:
  - Material
  - Comprimento
  - Área do corte transversal
  - Temperatura do material

- A estrutura atômica determina quão facilmente um elétron livre passará por um material.
- Quanto maior o comprimento do caminho que o elétron livre tem de percorrer, maior o fator de resistência.
- Elétrons livres passam mais facilmente através de condutores com áreas de corte transversal maiores.
  - Além disso, quanto mais alta a temperatura dos materiais condutivos, maiores a vibração interna e o movimento dos componentes que formam a estrutura atômica do fio, e mais difícil os elétrons livres encontrarem um caminho pelo material.

EUA

$$[\rho] = [CM\Omega/ft]$$

$$[l] = [ft]$$

$$[A] = [CM]$$

CM = mils circulares onde

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

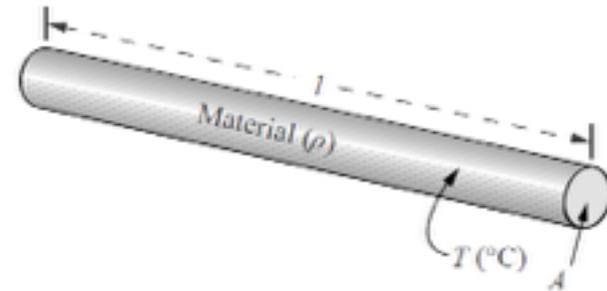


Figura 3.2 Fatores que afetam a resistência de um condutor.

$$1\text{mil} = \frac{1}{1000}\text{pol}$$

- Quanto maior a resistividade, maior a resistência de um condutor
- Quanto maior o comprimento, maior a resistência deste condutor
- Quanto maior a área, menor será a resistência de um condutor.
- Os Mil Circulares (CM) são utilizados em tabelas comerciais
  - Um fio de diâmetro de 1 mil possui uma área de 1 mil circular (CM)

$$A_{CM} = (d_{mils})^2$$

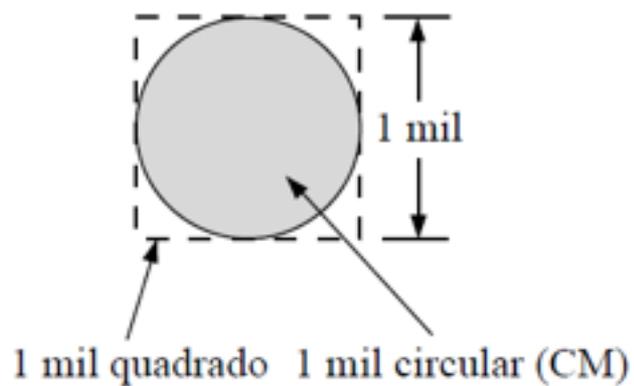


Figura 3.4 Definição de mil circular (CM).

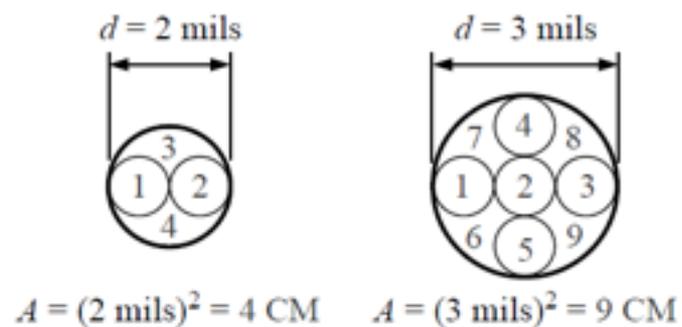


Figura 3.5 Verificação da Equação 3.2:  $A_{CM} = (d_{mils})^2$ .

Conversão rápida: Para calcular uma área em mils circulares quando o diâmetro é dado em polegadas, o escrevemos na forma decimal e andamos três casas para a direita.

$$d = \frac{1}{8} \text{ pol} = 0.125 \text{ pol} = 125 \text{ mils}$$

$$A_{CM} = (d_{mils})^2 = (125 \text{ mils})^2 = 15625 \text{ CM}$$

Numa área circular:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} (1 \text{ mil})^2 \equiv 1 \text{ CM}$$

**Tabela 3.1** Resistividade ( $\rho$ ) de vários metais.

<b>Material</b>	<b><math>\rho</math> (CM - <math>\Omega</math>/pés)@20°C</b>
Prata	9,9
<b>Cobre</b>	<b>10,37</b>
Ouro	14,7
Alumínio	17,0
Tungstênio	33,0
Níquel	47,0
Ferro	74,0
Constantan	295,0
Nicromo	600,0
Calorita	720,0
Carbono	21.000,0

**Exemplo 1:** Qual a resistência de um fio de cobre de 100 ft de comprimento que possui um diâmetro de 0,020 pol a temperatura de 20° C?

**Exemplo 2:** Um número indeterminado de pés de um fio de cobre foi removido de uma caixa, como na figura. Determine o comprimento restante do fio de cobre, sendo que ele possui diâmetro de 1/16 pol e resistência de 0,5Ω.



Figura 3.6 Exemplo 3.2.

**Exemplo 3:** Qual a resistência de uma barra de cobre como aquela usada em um painel de distribuição de energia de um prédio comercial que possui dimensões indicadas na figura abaixo?

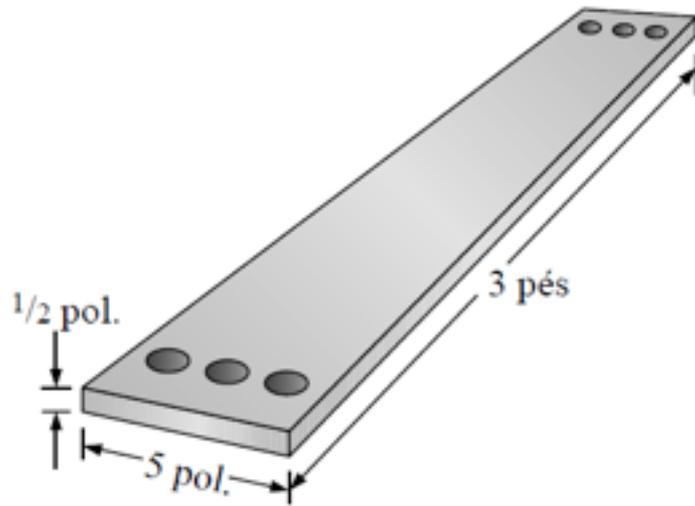


Figura 3.7 Exemplo 3.3.

# TABELAS DE FIOS

Tabela 3.2 Dimensões AWG (American Wire Gage).

	AWG #	Área (CM)	$\Omega/1.000$ pés a 20°C	Corrente máxima permitida para isolamento RHW (A)*
(4/0)	<b>0000</b>	211.600	0,0490	<b>230</b>
(3/0)	<b>000</b>	167.810	0,0618	<b>200</b>
(2/0)	<b>00</b>	133.080	0,0780	<b>175</b>
(1/0)	<b>0</b>	105.530	0,0983	<b>150</b>
	<b>1</b>	83.694	0,1240	<b>130</b>
	<b>2</b>	66.373	0,1563	<b>115</b>
	<b>3</b>	52.634	0,1970	<b>100</b>
	<b>4</b>	41.742	0,2485	<b>85</b>
	<b>5</b>	33.102	0,3133	—
	<b>6</b>	26.250	0,3951	<b>65</b>
	<b>7</b>	20.816	0,4982	—
	<b>8</b>	16.509	0,6282	<b>50</b>
	<b>9</b>	13.094	0,7921	—
	<b>10</b>	10.381	0,9989	<b>30</b>
	<b>11</b>	8.234,0	1,260	—
	<b>12</b>	6.529,9	1,588	<b>20</b>
	<b>13</b>	5.178,4	2,003	—
	<b>14</b>	4.106,8	2,525	<b>15</b>

# TABELAS DE FIOS

15	3.256,7	3,184
16	2.582,9	4,016
17	2.048,2	5,064
18	1.624,3	6,385
19	1.288,1	8,051
20	1.021,5	10,15
21	810,10	12,80
22	642,40	16,14
23	509,45	20,36
24	404,01	25,67
25	320,40	32,37
26	254,10	40,81
27	201,50	51,47
28	159,79	64,90
29	126,72	81,83
30	100,50	103,2
31	79,70	130,1
32	63,21	164,1
33	50,13	206,9
34	39,75	260,9
35	31,52	329,0
36	25,00	414,8
37	19,83	523,1
38	15,72	659,6
39	12,47	831,8
40	9,89	1.049,0

# Exemplo 4: Determine a resistência de um fio de cobre #8 de 650 ft na temperatura ambiente. Qual seu diâmetro?

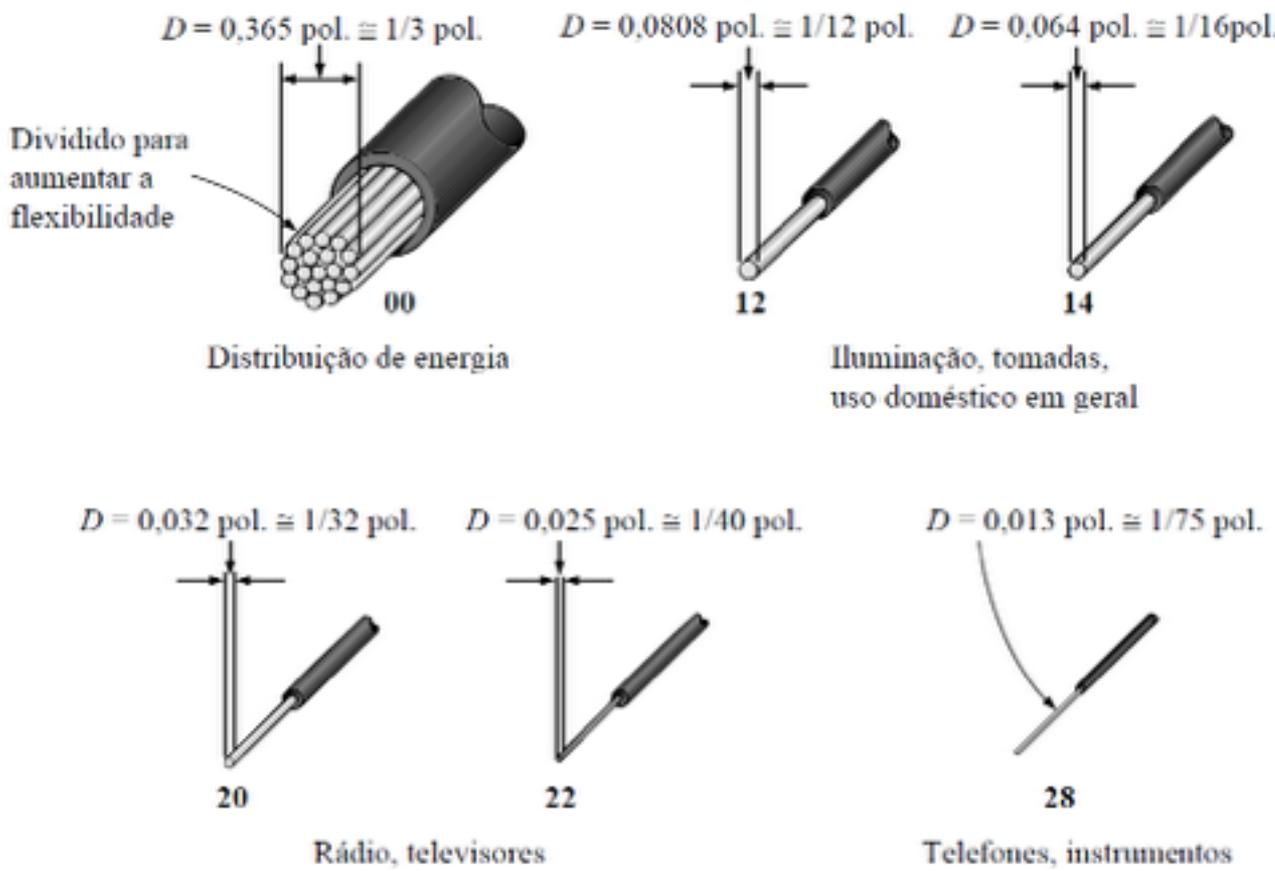


Figura 3.8 Tamanhos mais comuns de fios e algumas de suas áreas de aplicação.

# RESISTÊNCIA: UNIDADES MÉTRICAS

O projeto de elementos resistivos para várias aplicações da micro-eletrônica utilizam unidades métricas.

No SI, a unidade de resistividade seria o  $\Omega \cdot m$ , mas o metro é uma unidade de medida muito grande para estas aplicações. Deste modo, utilizamos mais comumente o  $\Omega \cdot cm$ .

$$[\rho] = [\Omega \cdot cm]$$

$$[l] = [cm]$$

$$[A] = [cm^2]$$

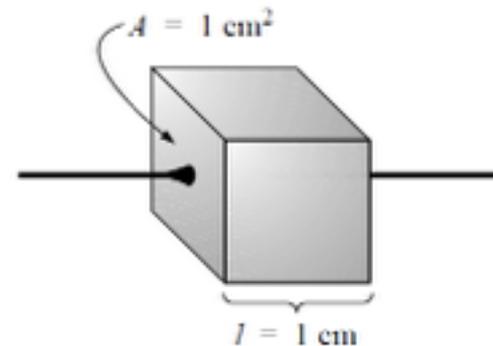


Figura 3.31 Definição de  $\rho$  em ohm-centímetros.

**Tabela 3.6** Resistividade ( $r$ ) de vários materiais.

<b>Material</b>	<b><math>\Omega\text{-cm}</math></b>
Prata	$1,645 \times 10^{-6}$
<b>Cobre</b>	<b><math>1,723 \times 10^{-6}</math></b>
Ouro	$2,443 \times 10^{-6}$
Alumínio	$2,825 \times 10^{-6}$
Tungstênio	$5,485 \times 10^{-6}$
Níquel	$7,811 \times 10^{-6}$
Ferro	$12,299 \times 10^{-6}$
Tântalo	$15,54 \times 10^{-6}$
Nicromo	$99,72 \times 10^{-6}$
Óxido de estanho	$250 \times 10^{-6}$
Carbono	$3.500 \times 10^{-6}$

**Exemplo 5:** Determine a resistência de 100ft de fio de telefone de cobre #28 e o seu diâmetro é de 0,0126 pol.

**Exemplo 6:** Determine a resistência do resistor de filme fino mostrado se a resistência laminar,  $R_s = \frac{\rho}{d}$ , for  $100\Omega$ .

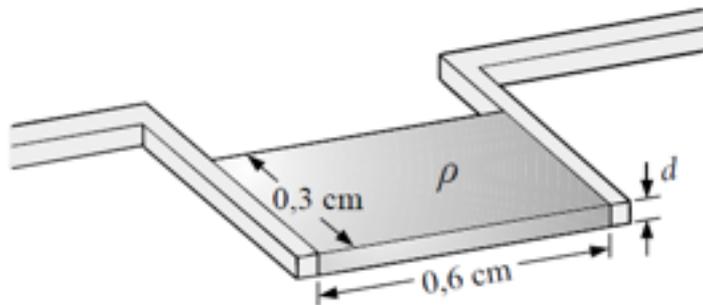


Figura 3.32 Resistor de filme fino (veja o Exemplo 3.16).

**Tabela 3.7** Comparação entre os valores de  $\rho$  em  $\Omega\text{-cm}$ .

<b>Condutor (<math>\Omega\text{-cm}</math>)</b>	<b>Semicondutor (<math>\Omega\text{-cm}</math>)</b>	<b>Isolante (<math>\Omega\text{-cm}</math>)</b>
Cobre $1,723 \times 10^{-6}$	Ge 50	Em geral: $10^{15}$
	Si $200 \times 10^3$	
	GaAs $70 \times 10^6$	

O fator de conversão entre resistividade em mils circulares. $\Omega$  e  $\Omega\text{.cm}$  é o seguinte.

$$\rho(\Omega \cdot cm) = 1.662 \times 10^{-7} (\text{valor em } CM\Omega/ft)$$

## TIPOS DE RESISTORES

### Resistores fixos

- Os resistores podem ser construídos em diversos formatos, mas todos eles podem ser divididos em dois grupos: fixos e variáveis.
- O mais comum dos resistores fixos de baixa potência é o resistor de filme

# TIPOS DE RESISTORES

## Resistores fixos

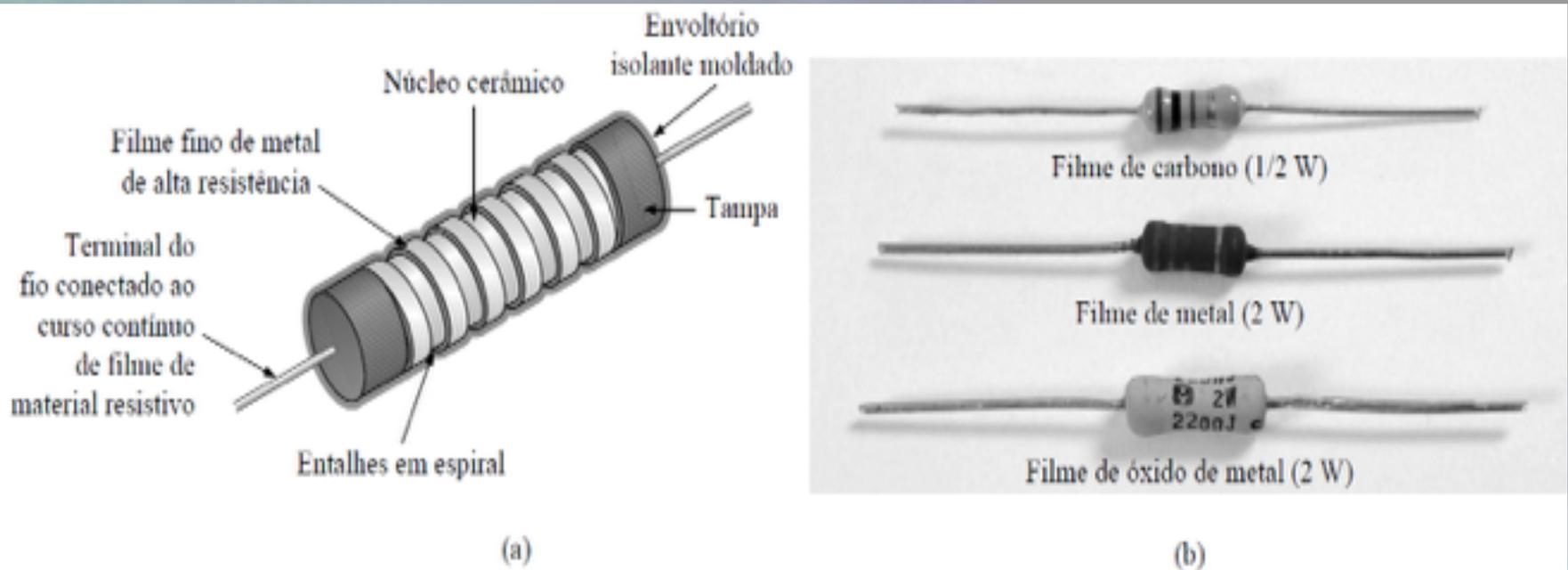
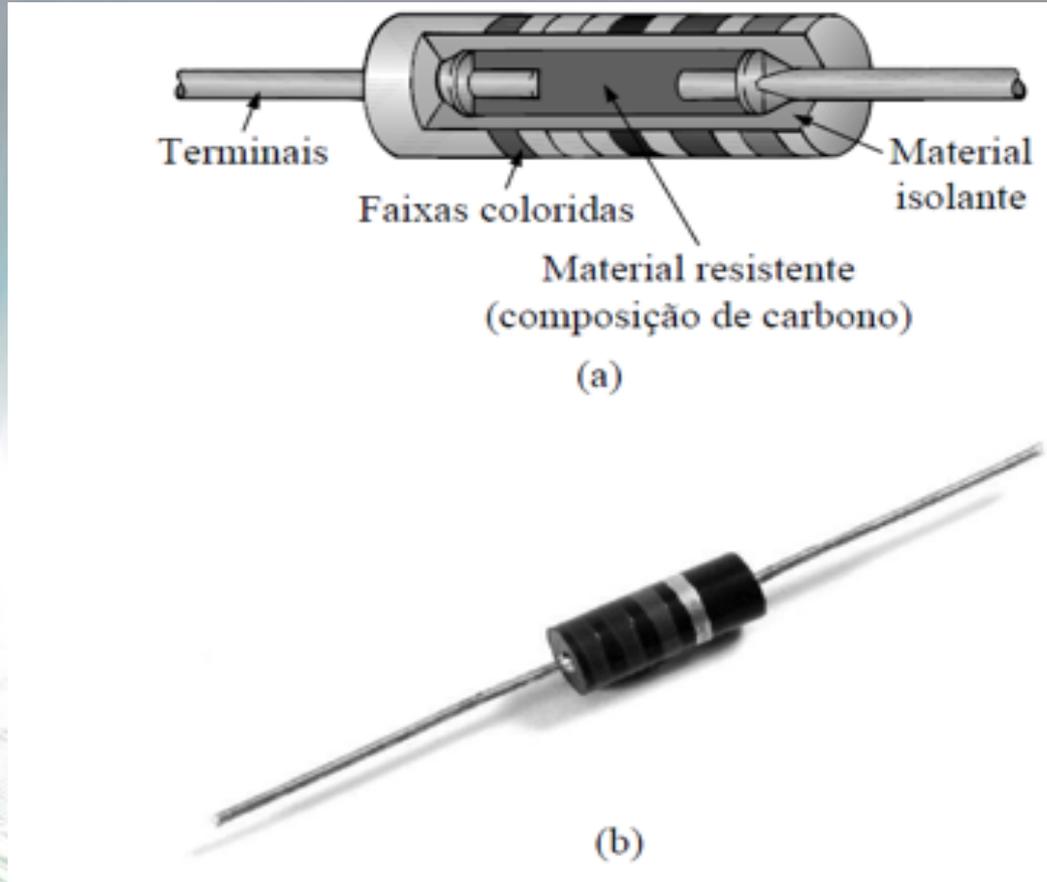


Figura 3.12 Resistores de película: (a) construção; (b) tipos.

# TIPOS DE RESISTORES

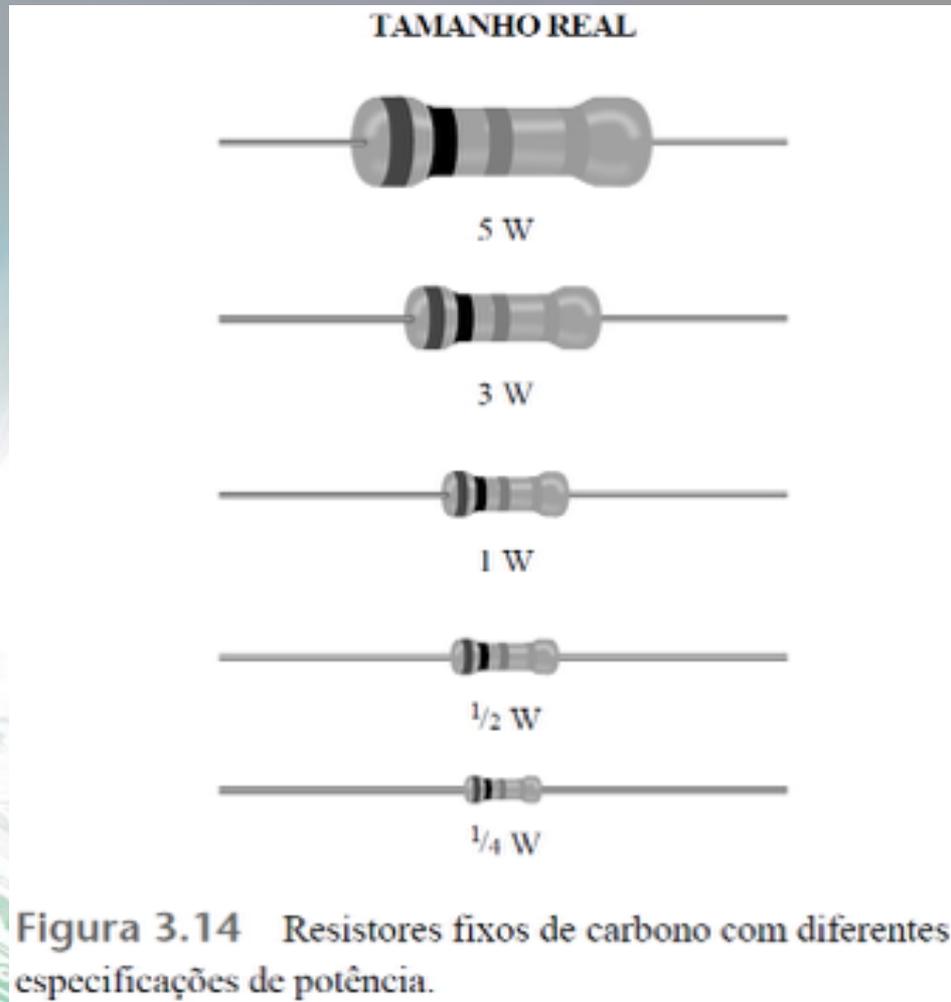
## Resistores fixos



**Figura 3.13** Resistores de composição fixa: (a) construção; (b) aparência.

# TIPOS DE RESISTORES

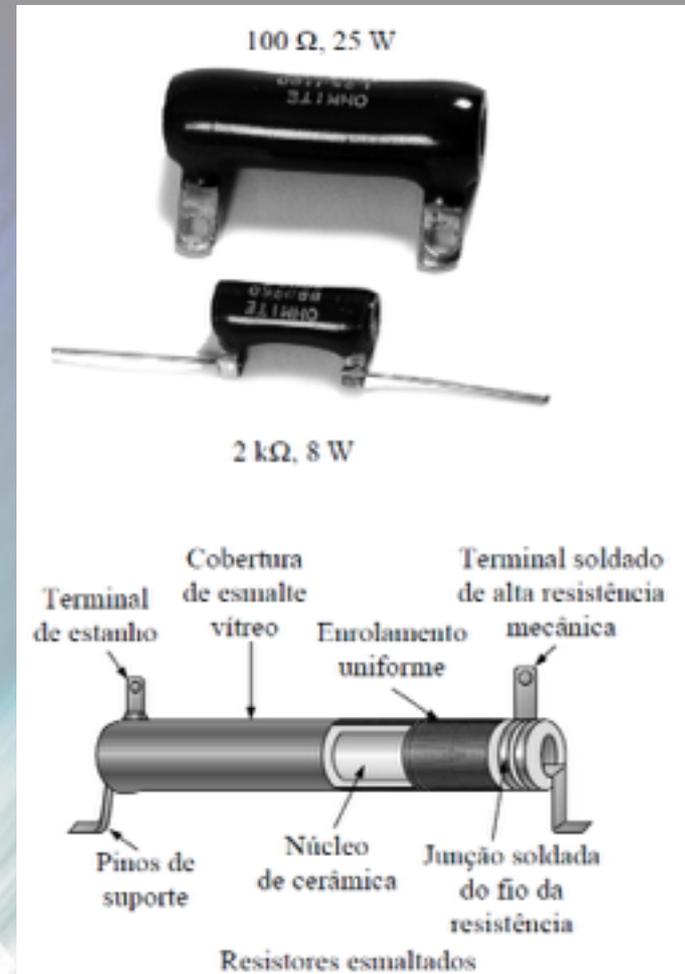
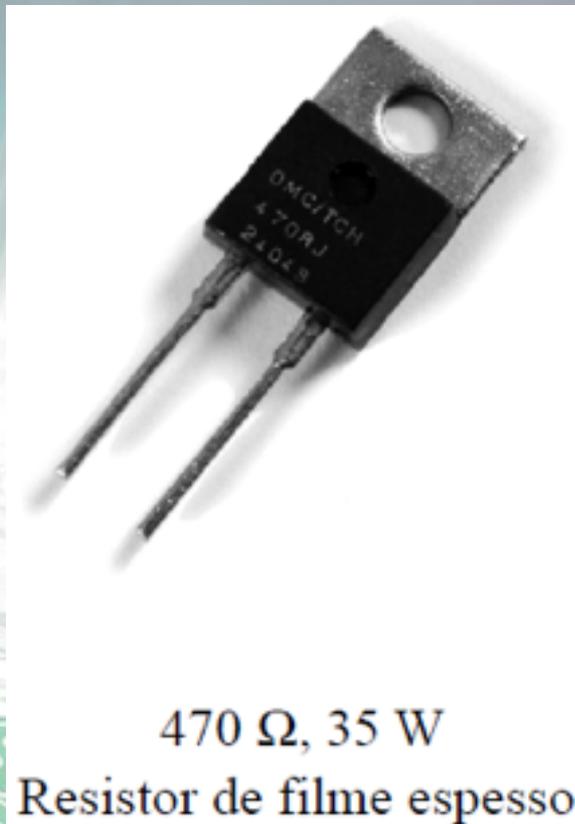
## Resistores fixos



# TIPOS DE RESISTORES

## Resistores fixos

Figura 3.15 Vários tipos de resistores fixos.



# TIPOS DE RESISTORES

## Resistores fixos

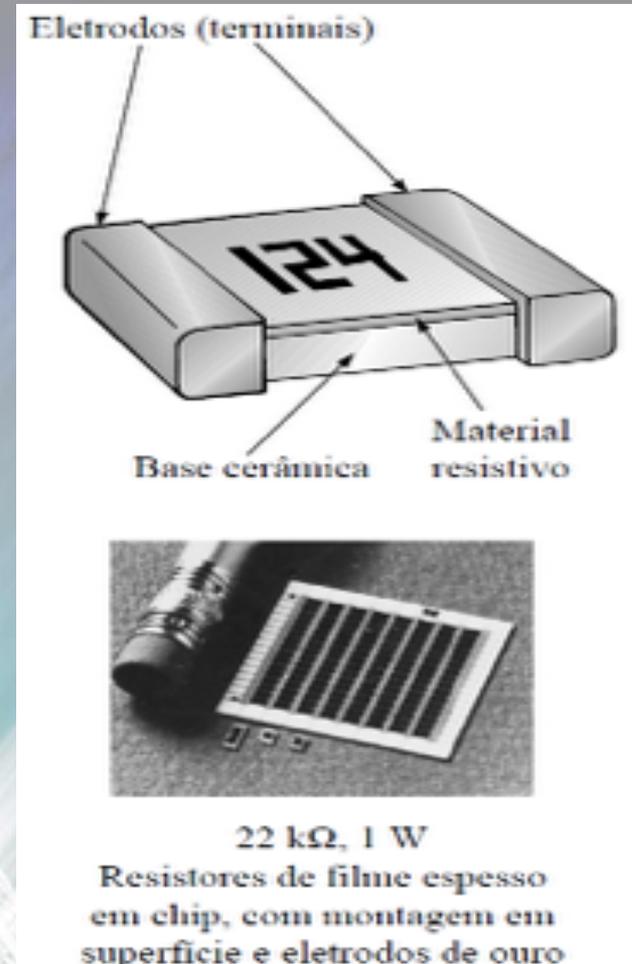
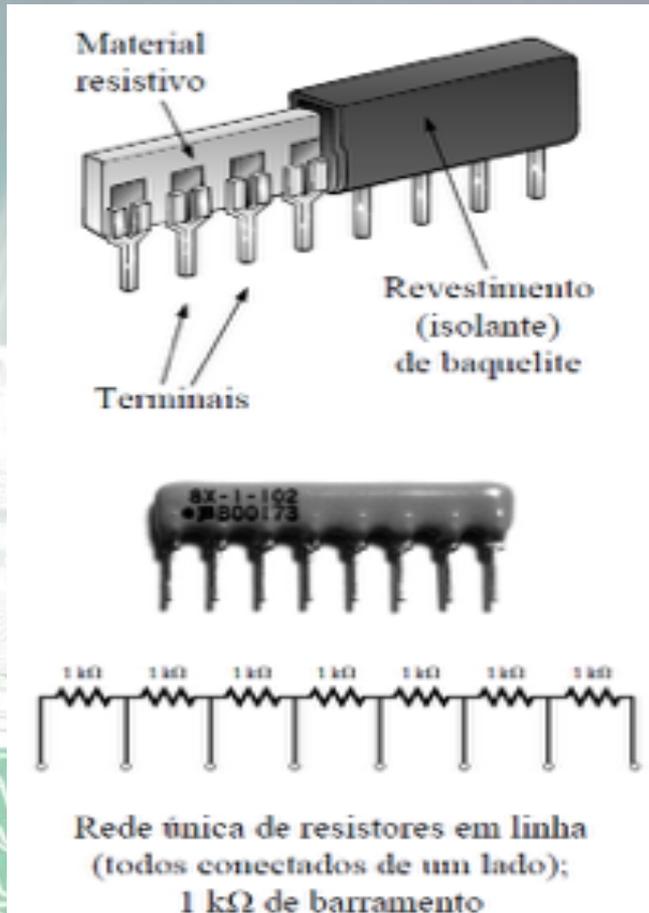
Figura 3.15 Vários tipos de resistores fixos.



# TIPOS DE RESISTORES

## Resistores fixos

Figura 3.15 Vários tipos de resistores fixos.



## TIPOS DE RESISTORES

### Resistores variáveis

- Os resistores variáveis, como o próprio nome sugere, têm uma resistência que pode ser variada ao se girar um botão, um parafuso ou o que for apropriado para a aplicação específica.
- Eles podem ter dois ou três terminais, mas a maioria possui três.
- Quando um dispositivo de dois ou três terminais é usado como um resistor variável, geralmente ele é denominado **reostato**.

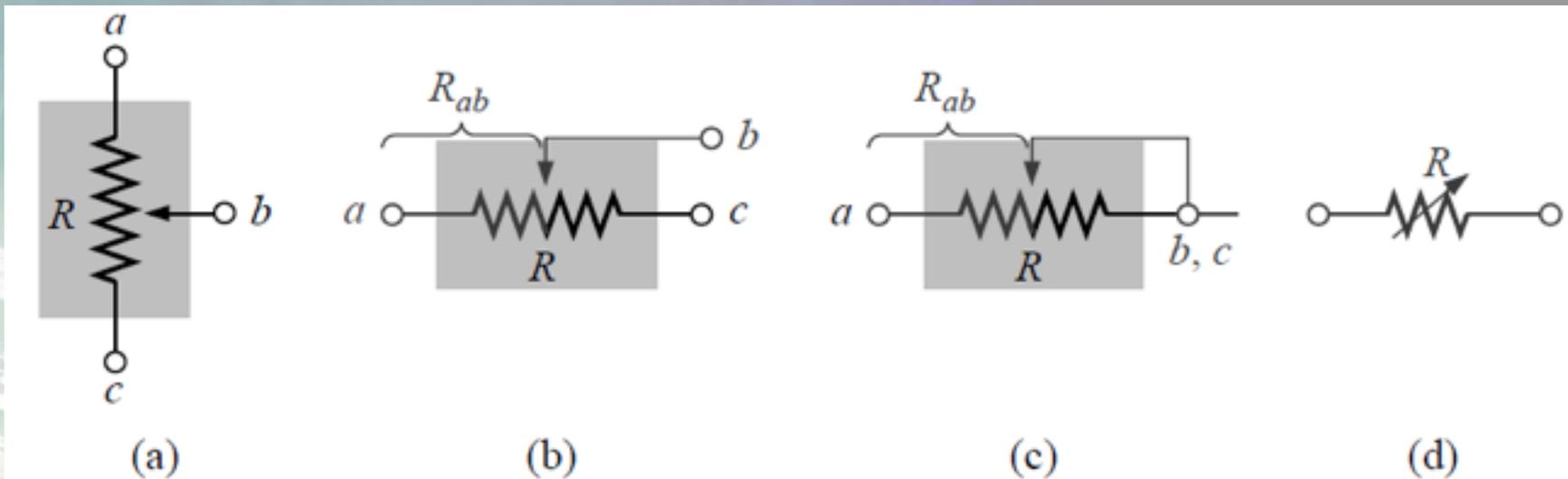
## TIPOS DE RESISTORES

### Resistores variáveis

- Se um dispositivo de três terminais é usado para controlar níveis de potência, então ele é normalmente denominado **potenciômetro**.
- Mesmo que um dispositivo de três terminais possa ser usado como reostato ou potenciômetro (dependendo de como ele é conectado), ele costuma ser denominado *potenciômetro* quando aparece em revistas especializadas ou em listas de componentes para aplicações específicas.

# TIPOS DE RESISTORES

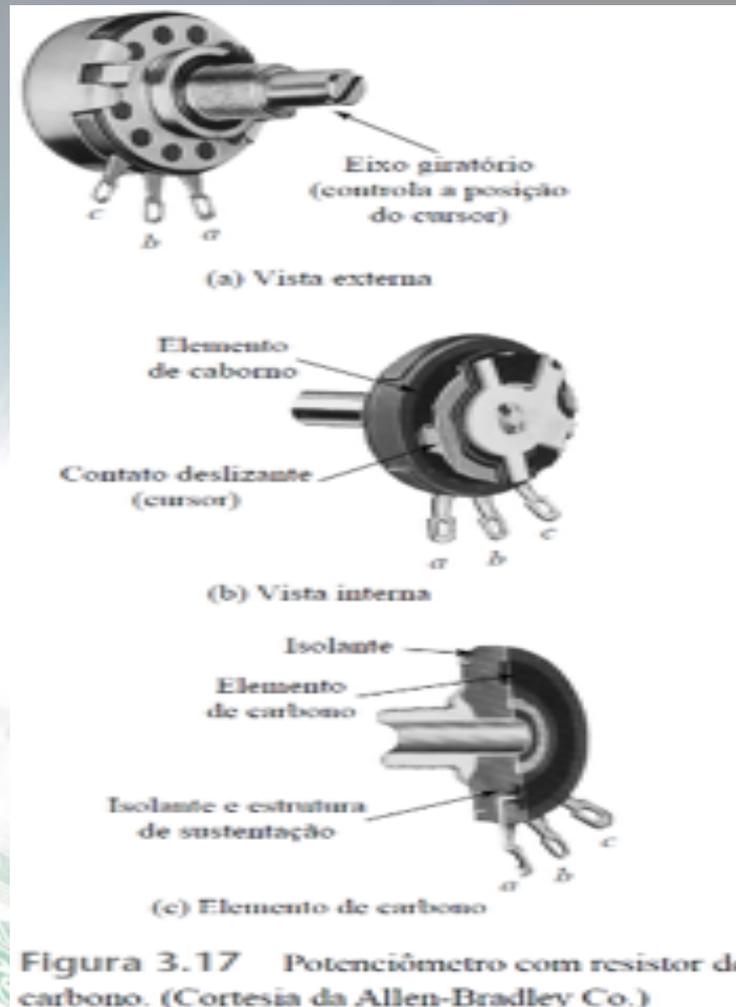
## Resistores variáveis



**Figura 3.16** Potenciômetro: (a) símbolo; (b) e (c) conexões tipo reostato; (d) símbolo de reostato.

# TIPOS DE RESISTORES

## Resistores variáveis



# TIPOS DE RESISTORES

## Resistores variáveis

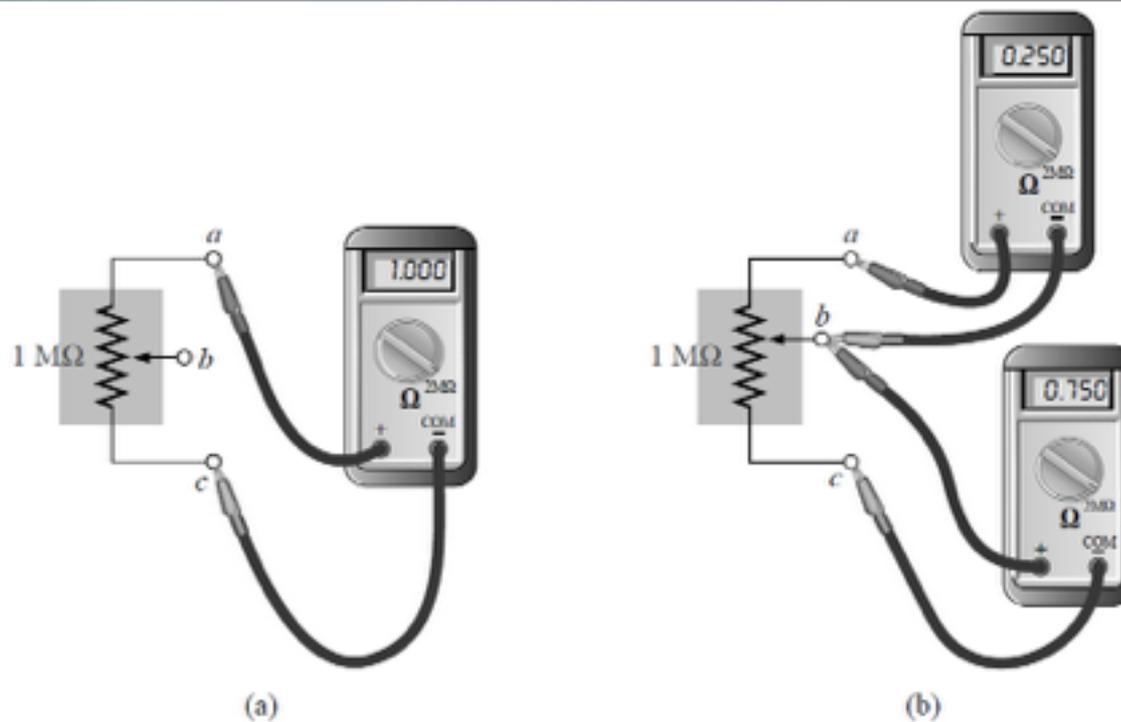
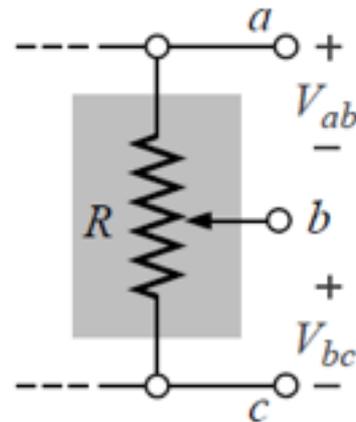


Figura 3.18 Componentes resistivos de um potenciômetro: (a) entre os terminais externos; (b) entre o contato móvel e cada terminal externo.

# TIPOS DE RESISTORES

## Resistores variáveis



**Figura 3.20** Controle de valores de tensão usando-se um potenciômetro.

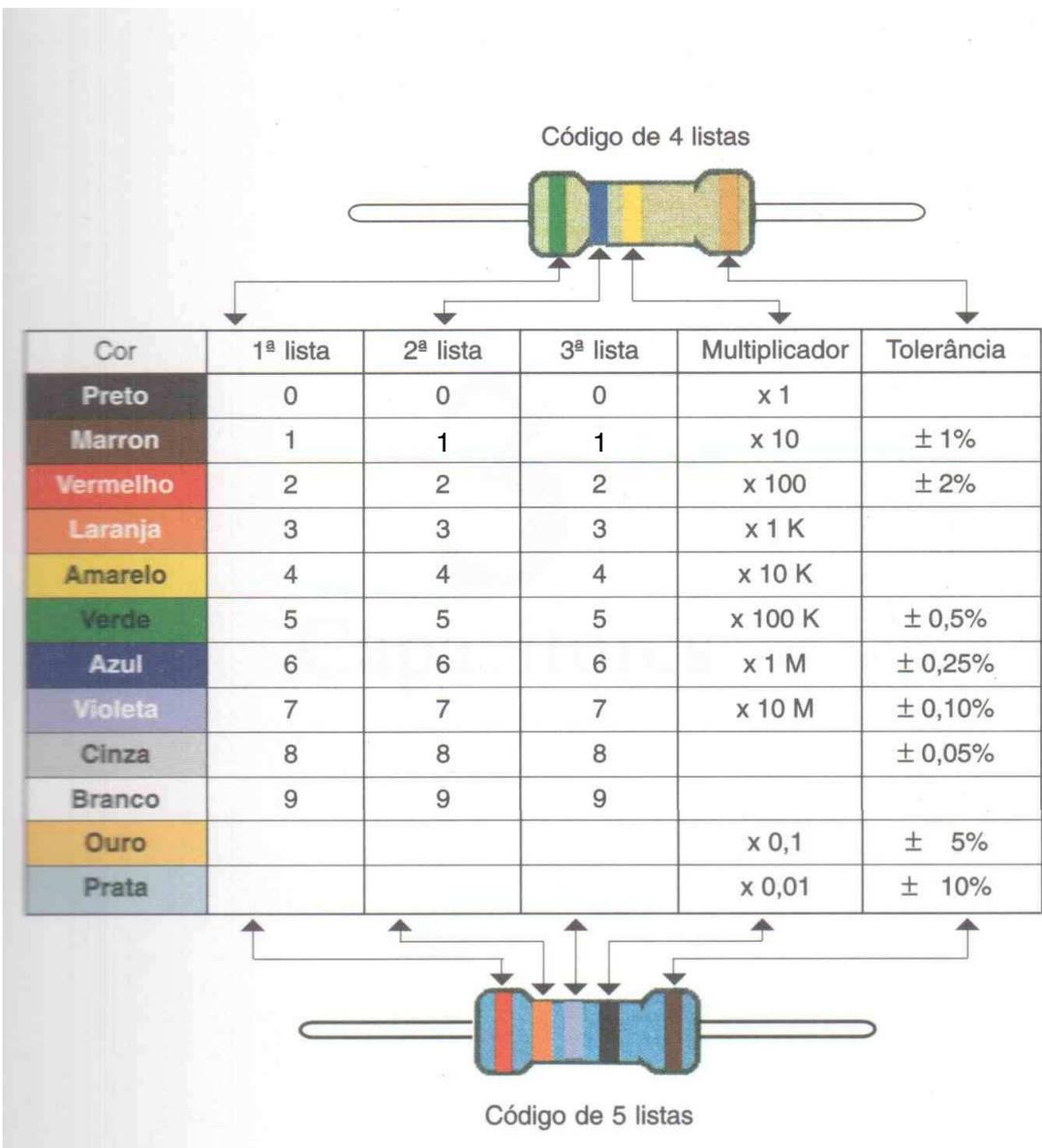
## CÓDIGO DE CORES E VALORES PADRONIZADOS DE RESISTORES

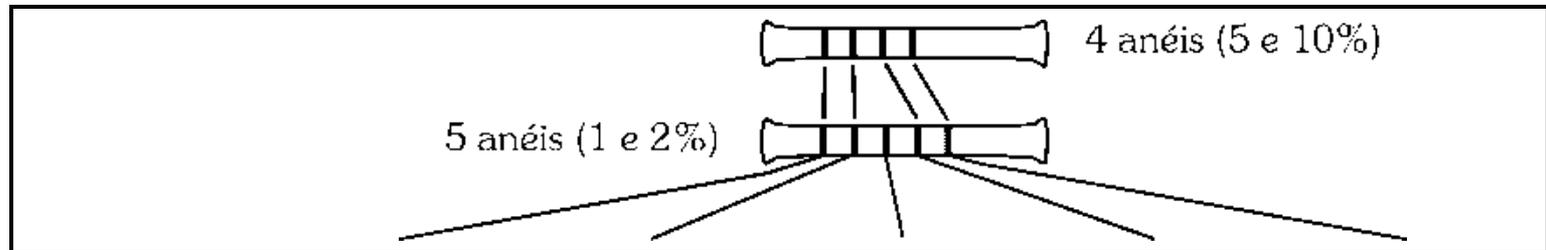
- Há uma grande variedade de resistores, fixos e variáveis, suficiente para ter o valor da resistência escrita em ohms em seu encapsulamento.
- Entretanto, alguns são muito pequenos para terem números impressos, então um sistema de **código de cores** é usado.



**Figura 3.21** Código de cores para resistores fixos.

**Tabela 5 – Código de cores**





<b>Cores</b>	<b>1º Dígito</b>	<b>2º Dígito</b>	<b>3º Dígito</b>	<b>Múltiplo</b>	<b>Tolerância</b>
Preto		0	0	x 1	
Marrom	1	1	1	x 10	± 1 %
Vermelho	2	2	2	x 10 <sup>2</sup>	± 2 %
Laranja	3	3	3	x 10 <sup>3</sup>	
Amarelo	4	4	4	x 10 <sup>4</sup>	
Verde	5	5	5	x 10 <sup>5</sup>	
Azul	6	6	6	x 10 <sup>6</sup>	
Violeta	7	7	7	x 10 <sup>7</sup>	
Cinza	8	8	8		
Branco	9	9	9		
Ouro				x 10 <sup>-1</sup>	± 5 %
Prata				x 10 <sup>-2</sup>	± 10 %
Ausência					± 20 %

## Tolerâncias

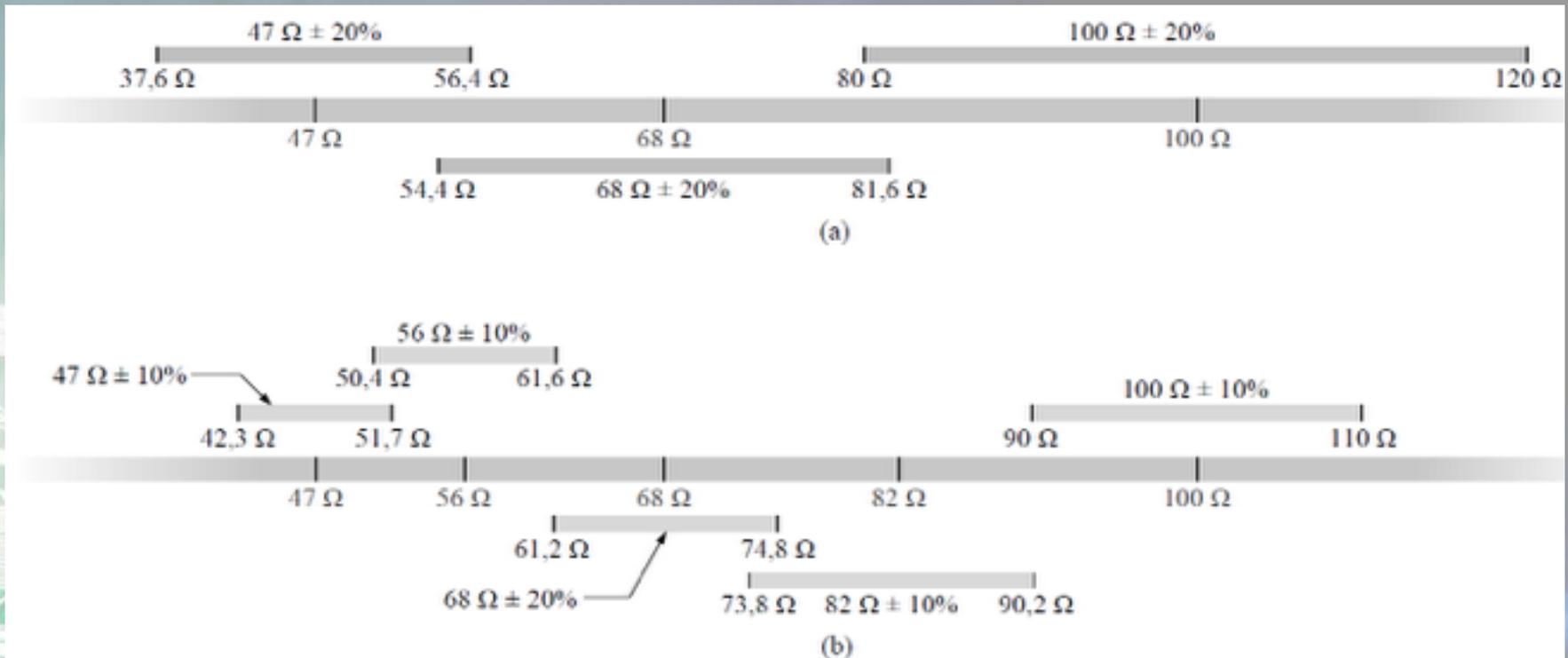


Figura 3.26 Garantia de todo o intervalo de valores de resistência para uma tolerância dada: (a) 20 por cento; (b) 10 por cento.

# CÓDIGO DE CORES E VALORES PADRONIZADOS DE RESISTORES

# ANÁLISE DE CIRCUITOS

12ª EDIÇÃO

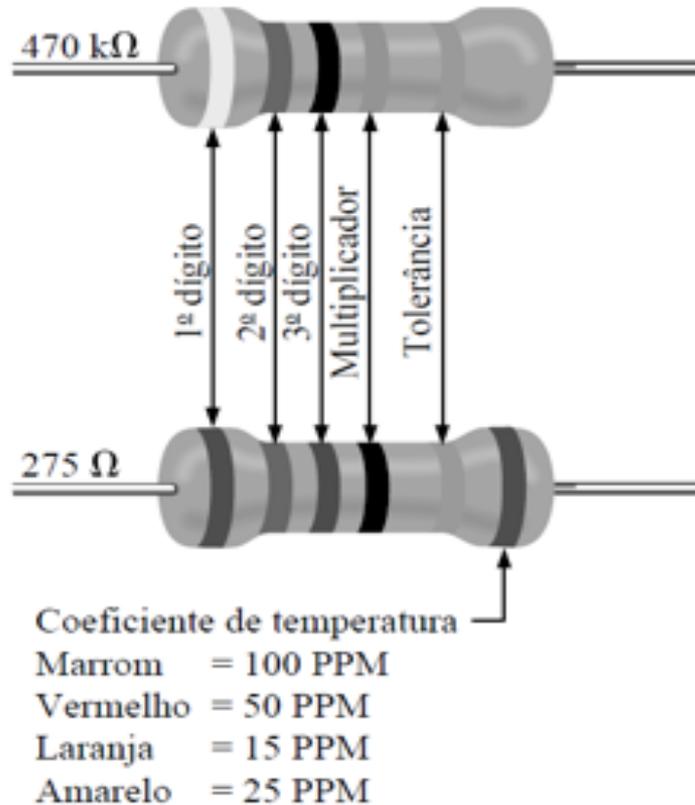


Figura 3.25 Código de cores de cinco faixas para resistores fixos.

**Exercício7:** Determine as resistências elétricas dos resistores que tem a seguinte combinação de cores da esquerda para a direita.

a) Vermelho, Verde, Laranja e Prata.

b) Vermelho, Violeta, Marrom e Ouro

c) Marrom, Vermelho, Laranja e Ouro

d) Verde, Amarelo, Branco e Prata

# CÓDIGO DE CORES E VALORES PADRONIZADOS DE RESISTORES

# ANÁLISE DE CIRCUITOS

12ª EDIÇÃO

Tabela 3.5 Valores-padrão dos resistores comercialmente disponíveis.

Ohms ( $\Omega$ )					Kilohms ( $k\Omega$ )		Megohms ( $M\Omega$ )	
<b>0,10</b>	<b>1,0</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>1000</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>1,0</b>	<b>10,0</b>
0,11	1,1	11	110	1100	11	110	1,1	11,0
<b>0,12</b>	<b>1,2</b>	<b>12</b>	<b>120</b>	<b>1200</b>	<b>12</b>	<b>120</b>	<b>1,2</b>	<b>12,0</b>
0,13	1,3	13	130	1300	13	130	1,3	13,0
<b>0,15</b>	<b>1,5</b>	<b>15</b>	<b>150</b>	<b>1500</b>	<b>15</b>	<b>150</b>	<b>1,5</b>	<b>15,0</b>
0,16	1,6	16	160	1600	16	160	1,6	16,0
<b>0,18</b>	<b>1,8</b>	<b>18</b>	<b>180</b>	<b>1800</b>	<b>18</b>	<b>180</b>	<b>1,8</b>	<b>18,0</b>
0,20	2,0	20	200	2000	20	200	2,0	20,0
<b>0,22</b>	<b>2,2</b>	<b>22</b>	<b>220</b>	<b>2200</b>	<b>22</b>	<b>220</b>	<b>2,2</b>	<b>22,0</b>
0,24	2,4	24	240	2400	24	240	2,4	
<b>0,27</b>	<b>2,7</b>	<b>27</b>	<b>270</b>	<b>2700</b>	<b>27</b>	<b>270</b>	<b>2,7</b>	
0,30	3,0	30	300	3000	30	300	3,0	
<b>0,33</b>	<b>3,3</b>	<b>33</b>	<b>330</b>	<b>3300</b>	<b>33</b>	<b>330</b>	<b>3,3</b>	
0,36	3,6	36	360	3600	36	360	3,6	
<b>0,39</b>	<b>3,9</b>	<b>39</b>	<b>390</b>	<b>3900</b>	<b>39</b>	<b>390</b>	<b>3,9</b>	
0,43	4,3	43	430	4300	43	430	4,3	
<b>0,47</b>	<b>4,7</b>	<b>47</b>	<b>470</b>	<b>4700</b>	<b>47</b>	<b>470</b>	<b>4,7</b>	
0,51	5,1	51	510	5100	51	510	5,1	
<b>0,56</b>	<b>5,6</b>	<b>56</b>	<b>560</b>	<b>5600</b>	<b>56</b>	<b>560</b>	<b>5,6</b>	
0,62	6,2	62	620	6200	62	620	6,2	
<b>0,68</b>	<b>6,8</b>	<b>68</b>	<b>680</b>	<b>6800</b>	<b>68</b>	<b>680</b>	<b>6,8</b>	
0,75	7,5	75	750	7500	75	750	7,5	
<b>0,82</b>	<b>8,2</b>	<b>82</b>	<b>820</b>	<b>8200</b>	<b>82</b>	<b>820</b>	<b>8,2</b>	
0,91	9,1	91	910	9100	91	910	9,1	

## CÓDIGO DE CORES E VALORES PADRONIZADOS DE RESISTORES

### Resistores de montagem de superfície

- Em geral, resistores de montagem de superfície são marcados de três maneiras: código de cores, três símbolos e dois símbolos.
  - O **código de cores** é o mesmo que foi há pouco descrito nesta seção para os resistores com furos.
  - A abordagem dos **três símbolos** usa três dígitos. Os dois primeiros definem os dois primeiros dígitos do valor; o último dígito define a potência do multiplicador de potência de dez.

## CÓDIGO DE CORES E VALORES PADRONIZADOS DE RESISTORES

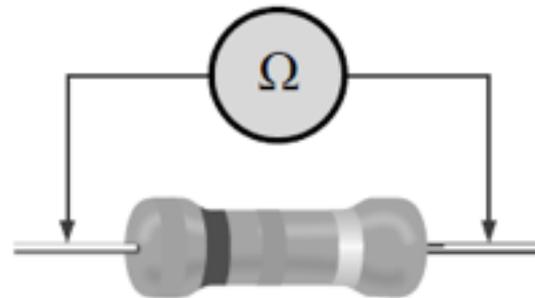
### Resistores de montagem de superfície

- A marcação de dois símbolos usa uma letra seguida por um número. A letra define o valor como na lista a seguir.
- Observe que todos os números da lista comercialmente disponível da Tabela 3.5 foram incluídos.

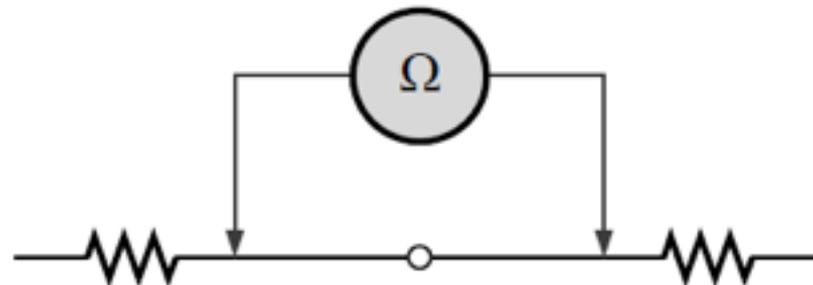
<b>A</b> = 1,0	<b>B</b> = 1,1	<b>C</b> = 1,2	<b>D</b> = 1,3
<b>E</b> = 1,5	<b>F</b> = 1,6	<b>G</b> = 1,8	<b>H</b> = 2
<b>J</b> = 2,2	<b>K</b> = 2,4	<b>L</b> = 2,7	<b>M</b> = 3
<b>N</b> = 3,3	<b>P</b> = 3,6	<b>Q</b> = 3,9	<b>R</b> = 4,3
<b>S</b> = 4,7	<b>T</b> = 5,1	<b>U</b> = 5,6	<b>V</b> = 6,2
<b>W</b> = 6,8	<b>X</b> = 7,5	<b>Y</b> = 8,2	<b>Z</b> = 9,1

- Quando calculamos o inverso da resistência de um material, obtemos uma medida da facilidade com que o material conduz eletricidade.
- Essa grandeza é denominada **condutância**, cujo símbolo é  $G$  e cuja medida é dada em *siemens* (S).

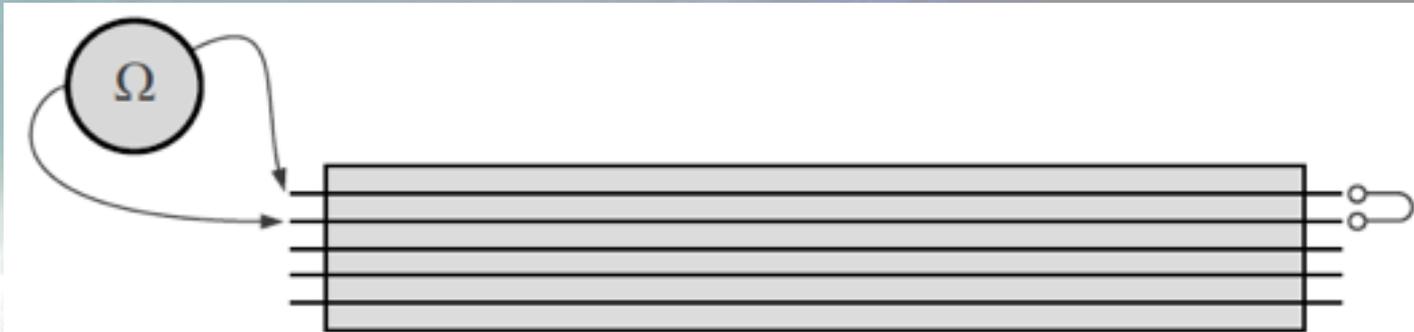
- O **ohmímetro** é um instrumento usado para realizar, entre outras, as seguintes tarefas:
  - Medir a resistência de um elemento individual ou de elementos combinados.
  - Detectar situações de “circuito aberto” (resistência alta) e de “curto-circuito” (resistência baixa).
  - Verificar a continuidade das conexões de um circuito e identificar fios em um cabo com múltiplas vias.
  - Testar alguns dispositivos semicondutores (eletrônicos).



**Figura 3.28** Medição da resistência de um único elemento.



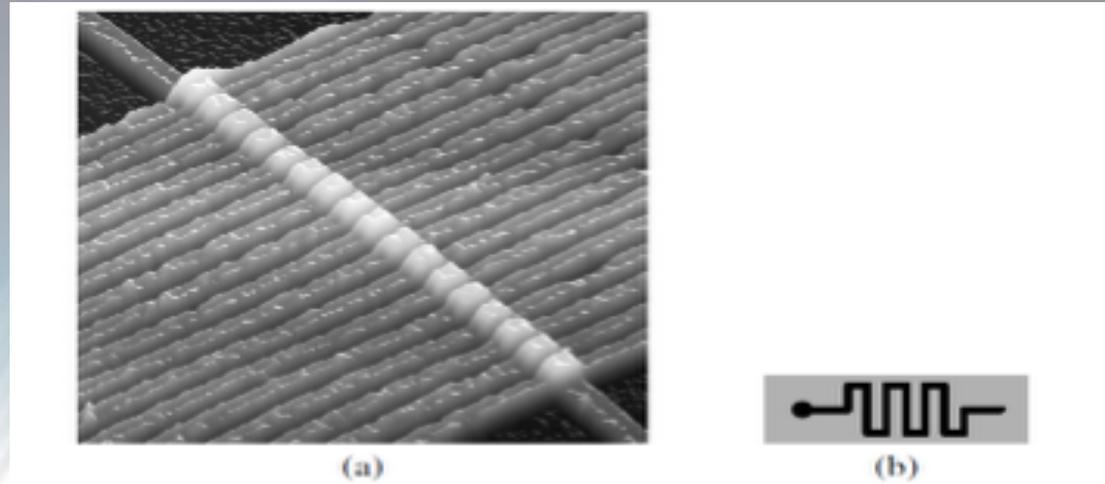
**Figura 3.29** Verificação da continuidade de uma conexão.



**Figura 3.30** Identificação dos fios de um cabo com múltiplas vias.

# O QUARTO ELEMENTO — O MEMRISTOR

Em maio de 2008, pesquisadores dos Laboratórios Hewlett-Packard, liderados pelo Dr. Stanley Williams, tinham um anúncio incrível a fazer – a descoberta do elo “perdido” da teoria básica de circuitos eletrônicos, chamado **memristor**.



**Figura 3.33** (a) Imagem de um circuito com 17 memristores capturada por um microscópio de força atômica. Cada memristor é composto de duas camadas de dióxido de titânio prensadas entre um fio comum inferior e seu próprio fio superior. Na medida em que uma tensão é aplicada em um memristor, o pequeno sinal de resistência de uma das camadas de dióxido de titânio é modificado, o que por sua vez é usado como um método para registrar dados. (b) Símbolo.  
[(a) Cortesia de J. Joshua Yang e R. Stanley Williams, HP Labs.]

## O QUARTO ELEMENTO — O MEMRISTOR

- As quatro quantidades de circuitos básicas de carga, corrente, tensão e fluxo magnético podem ser relacionadas de seis maneiras. Três relações são derivadas dos elementos básicos do resistor, do capacitor e do indutor.
- O resistor fornece uma relação direta entre a corrente e a tensão, o capacitor fornece uma relação entre a carga e a tensão, e o indutor fornece uma relação entre a corrente e o fluxo magnético.
- Isso deixa a relação entre o campo magnético e a carga em movimento através de um elemento.

## O QUARTO ELEMENTO – O MEMRISTOR

- O memristor é um dispositivo cuja resistência aumenta com a elevação no fluxo de carga em uma direção e se reduz na medida em que o fluxo de carga diminui na direção inversa.
- Além disso, e de suma importância, ele mantém seu nível novo de resistência quando a excitação é removida.

- O campo da eletro-eletrônica é um dos mais empolgantes de nosso tempo.
- Novos desenvolvimentos aparecem quase semanalmente em razão das intensas atividades de pesquisa e desenvolvimento.
- O ímpeto de pesquisa para desenvolver um supercondutor capaz de operar a temperaturas próximas da temperatura ambiente tem recebido uma atenção cada vez maior em anos recentes por causa da necessidade de cortar as perdas de energia.

- O que são supercondutores?
- Por que seu desenvolvimento é tão importante?
- Em poucas palavras, *supercondutores são condutores de eletricidade que, para todos os fins práticos, têm resistência zero.*

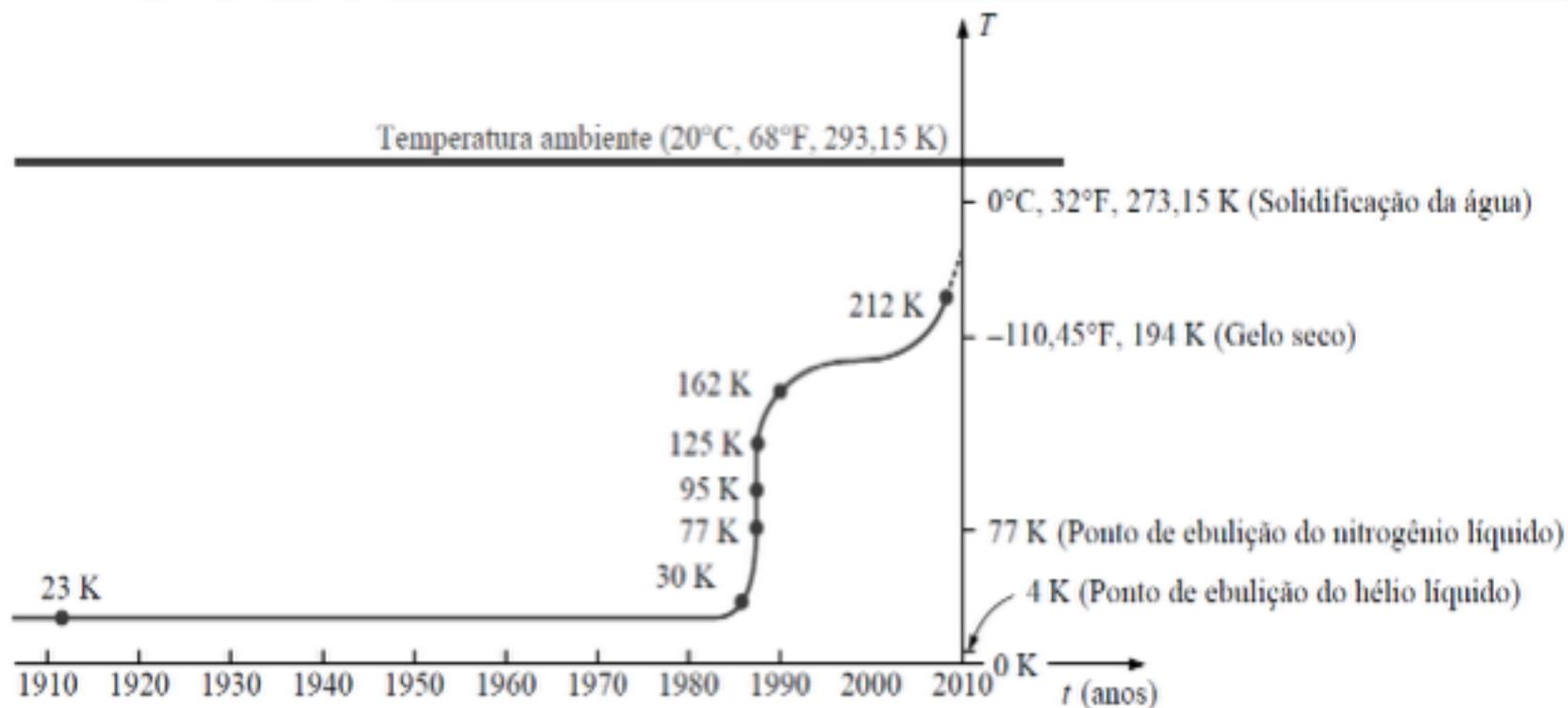


Figura 3.34 Aumento da temperatura dos supercondutores.

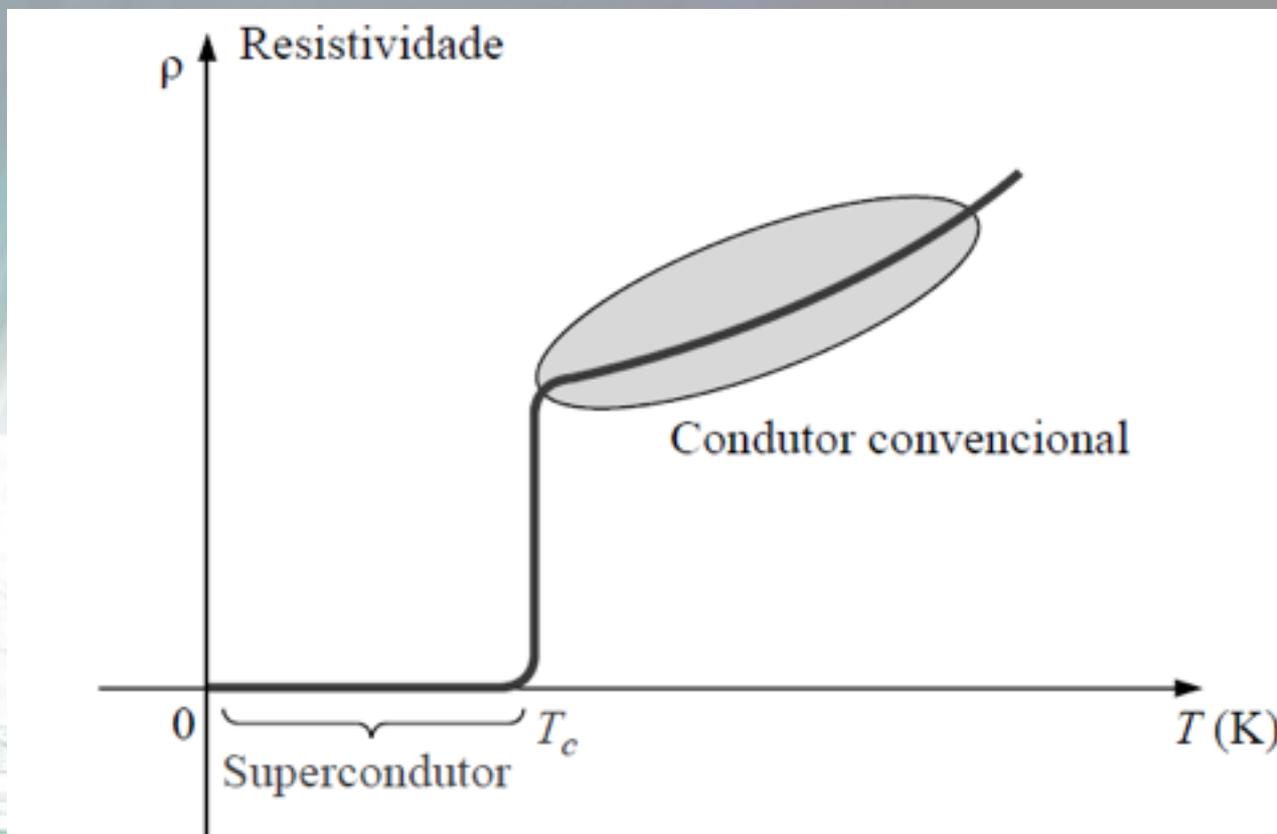
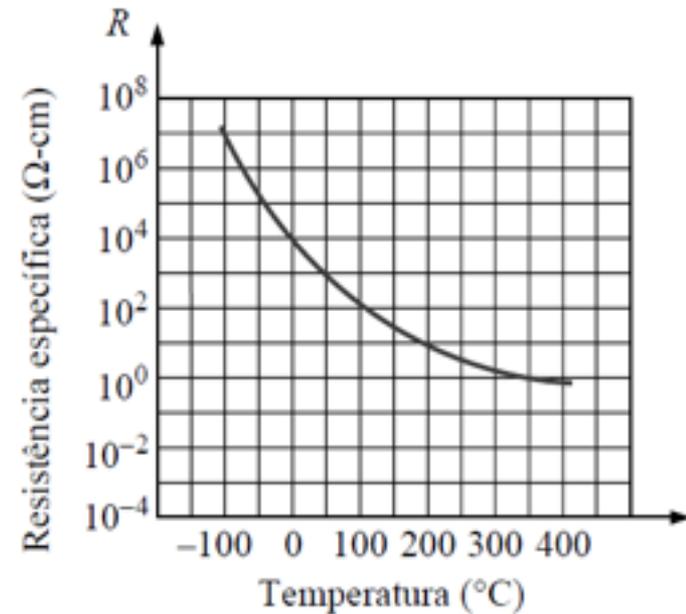


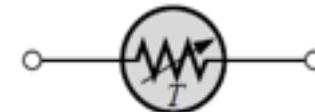
Figura 3.35 Definição da temperatura crítica  $T_c$ .

## TERMISTORES

Um **termistor** é um dispositivo semicondutor de dois terminais, cuja resistência, como o próprio nome sugere, é sensível à variação de temperatura.

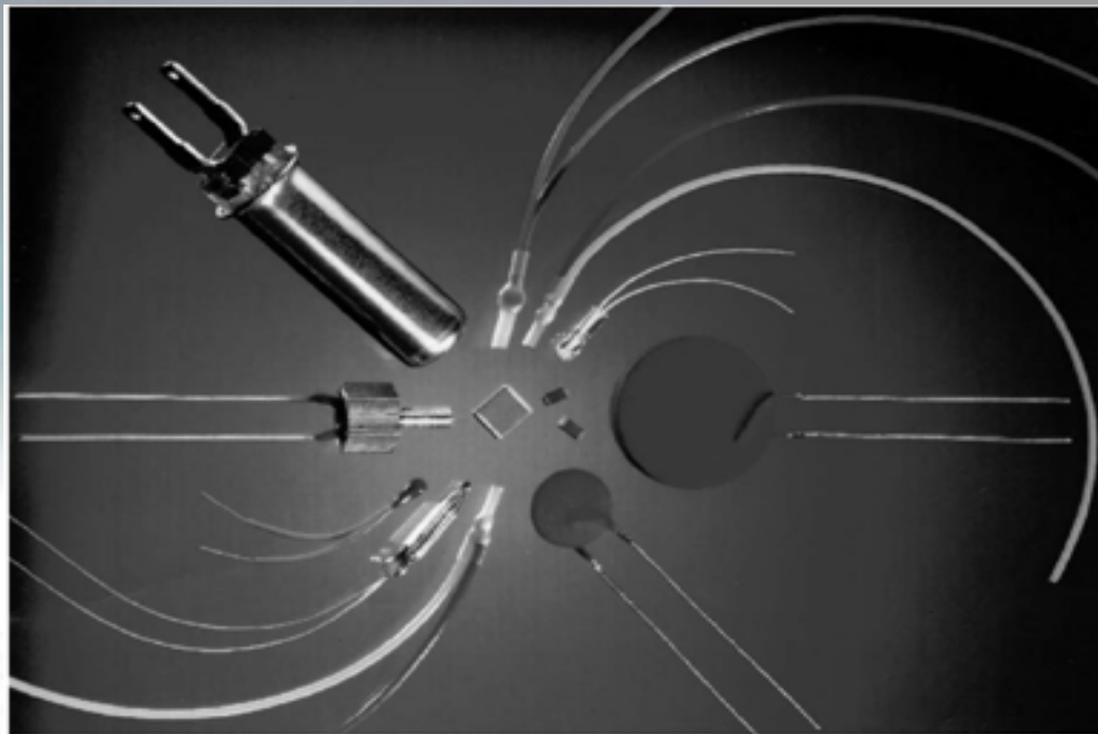


(a)



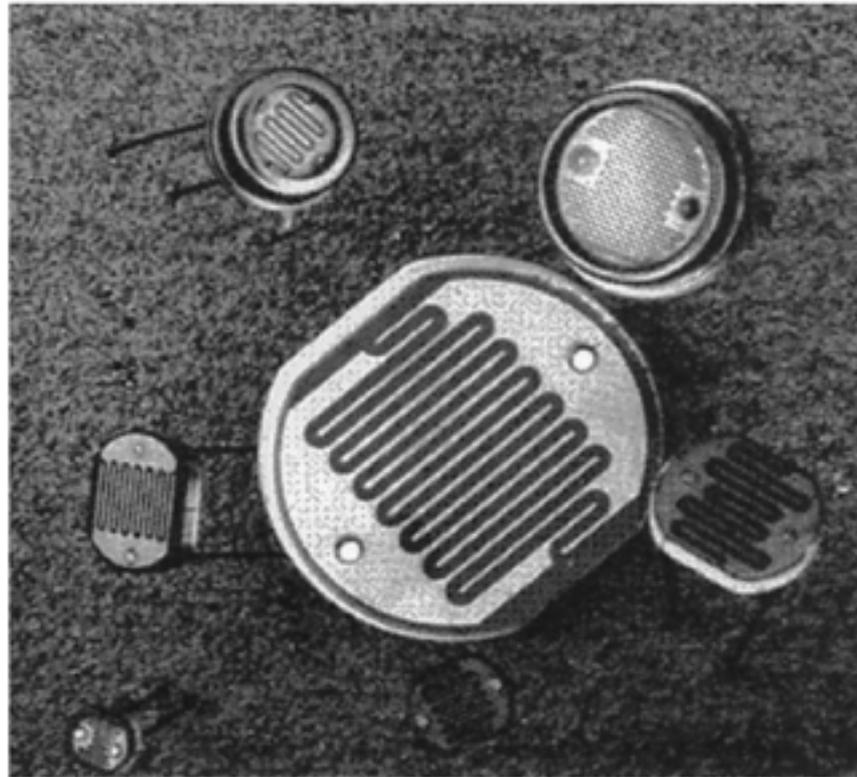
(b)

Figura 3.36 Termistor: (a) características; (b) símbolo.

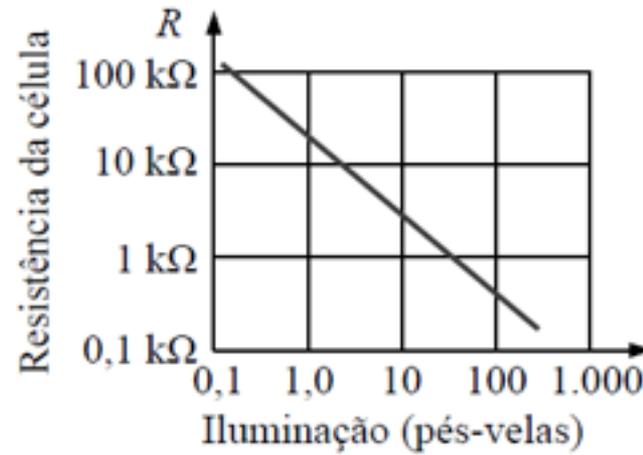


**Figura 3.37** Termistores NTC (Coeficiente de Temperatura Negativo, do inglês *Negative Temperature Coefficient*) e PTC (Coeficiente de Temperatura Positivo, do inglês *Positive Temperature Coefficient*). (Cortesia da Siemens Components, Inc.)

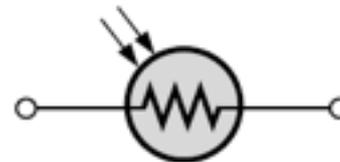
- A **célula fotocondutora** (também denominada LDR, do inglês *Light Dependent Resistor*) é um dispositivo semicondutor de dois terminais, cuja resistência é determinada pela intensidade da luz incidente em sua superfície.
- À medida que a iluminação aumenta de intensidade, eleva-se o estado de energia dos elétrons e átomos da superfície, provocando também o aumento do número de “portadores livres” e a correspondente diminuição na resistência.



**Figura 3.39** Células fotocondutoras. (Cortesia da PerkinElmer Optoelectronics.)



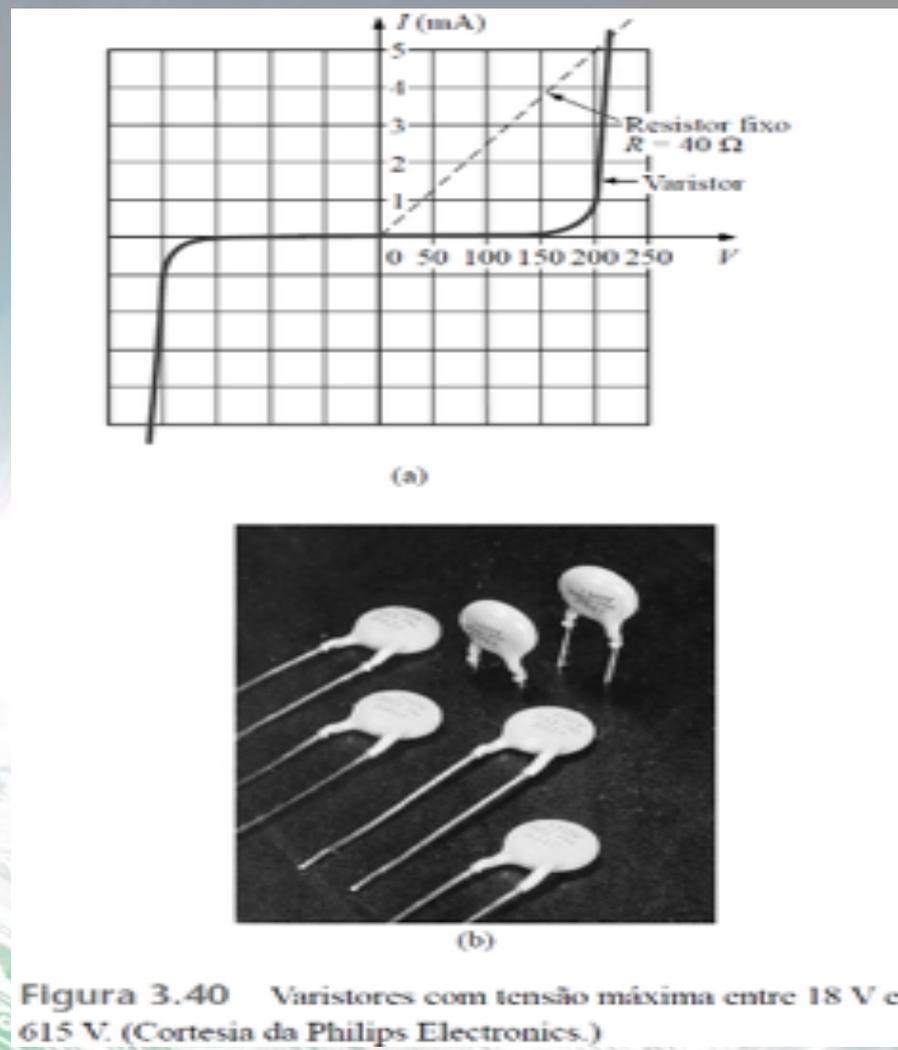
(a)



(b)

**Figura 3.38** Célula fotocondutora: (a) características; (b) símbolo.

- **Varistores** são resistores não lineares, cuja resistência depende da tensão aplicada, usados para suprimir **transitórios** de alta tensão; ou seja, suas características fazem com que limitem a tensão que pode aparecer entre os terminais de um dispositivo ou de um sistema sensível.



- A seguir, serão apresentados exemplos de como as resistências podem ser usadas para realizar uma variedade de tarefas, desde o aquecimento à medição de tração e tensão mecânicas em uma unidade de suporte de uma estrutura.
- Em geral, a resistência é um componente de muitas aplicações em eletroeletrônica.

# APLICAÇÕES

## Aquecedor elétrico

- Uma das aplicações mais comuns da resistência é feita em aparelhos domésticos para preparação de alimentos como torradeiras e aquecedores elétricos, nos quais o calor é gerado por uma corrente que passa por um elemento resistivo usado para realizar uma função útil.

# APLICAÇÕES

## Aquecedor elétrico

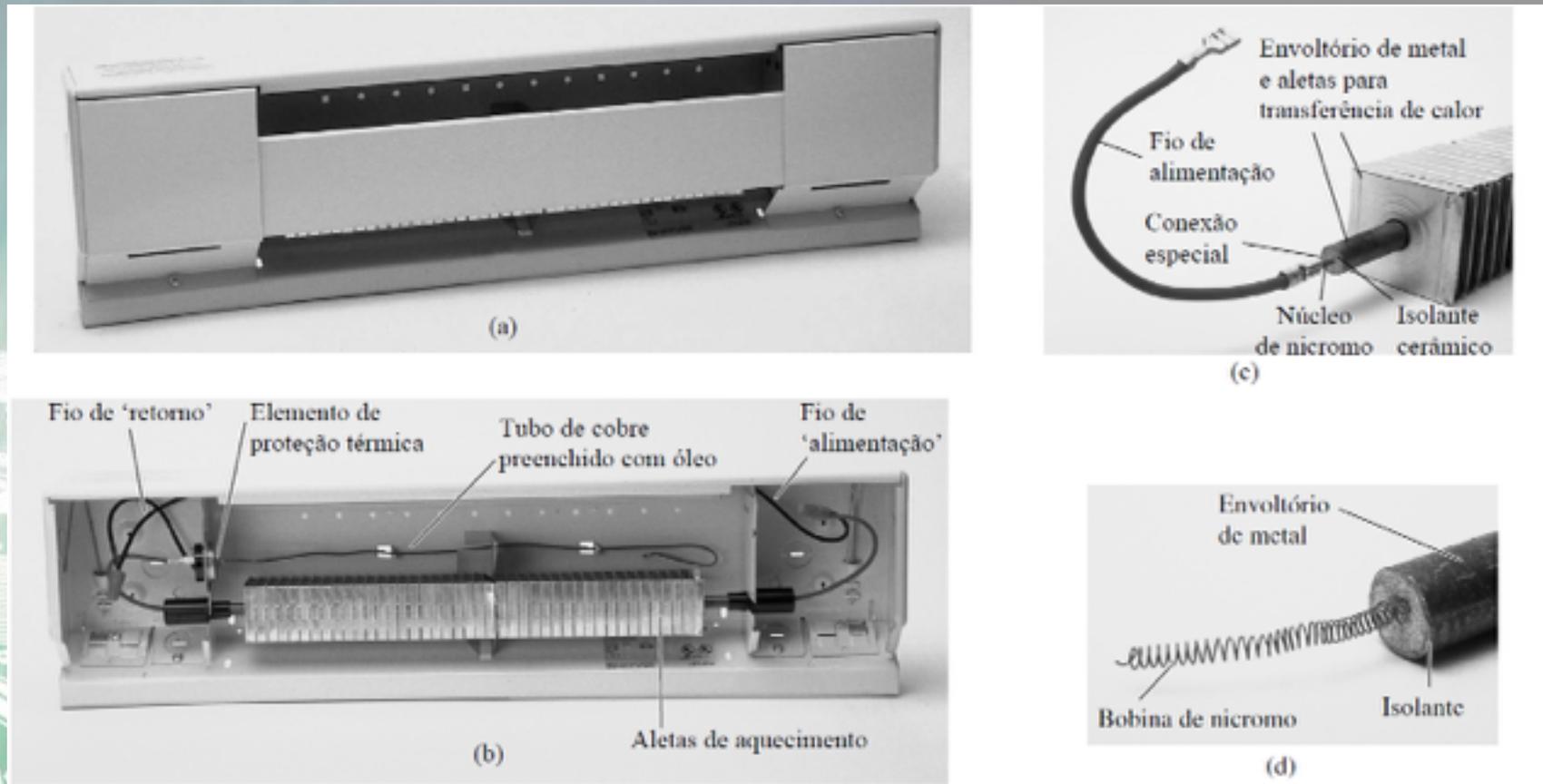


Figura 3.41 Aquecedor elétrico: (a) módulo com comprimento de 2 pés; (b) interior; (c) elemento de aquecimento; (d) bobina de nicromo.

## APLICAÇÕES

### Controle de luminosidade em automóveis

- Um reostato de dois pontos é o elemento principal no controle da intensidade da luz no painel de instrumentos de um carro.

## APLICAÇÕES

### Controle de luminosidade em automóveis

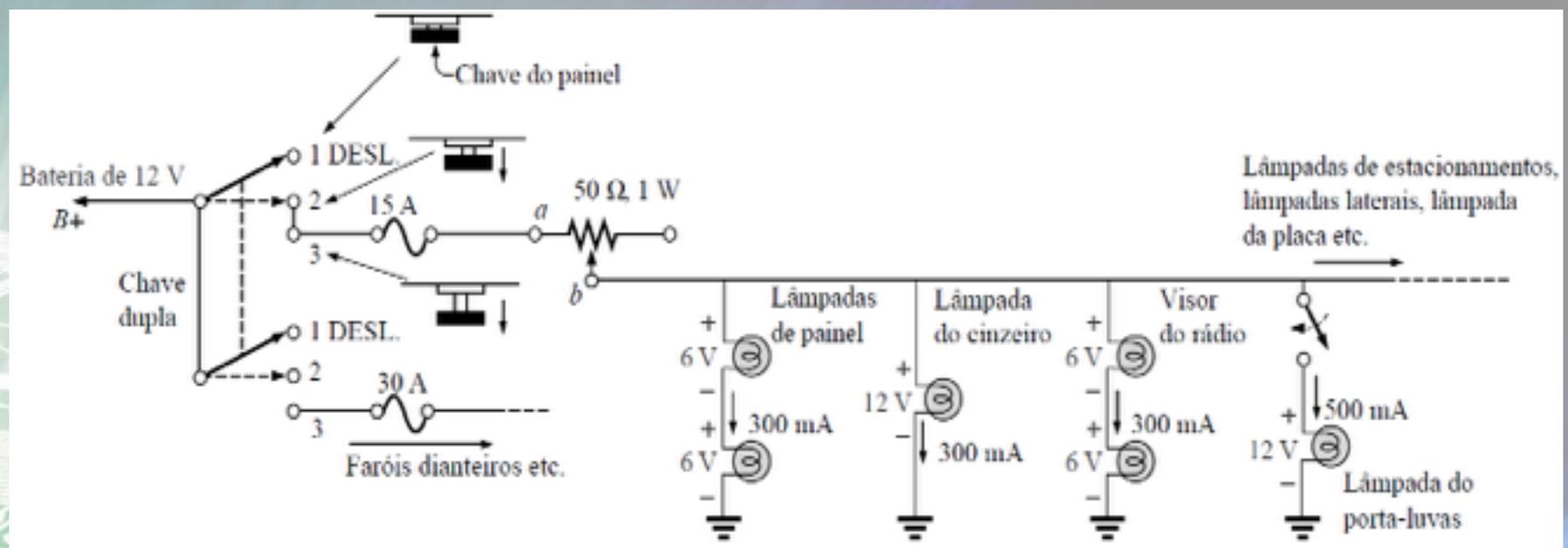


Figura 3.42 Controle de luminosidade do painel de um automóvel.