

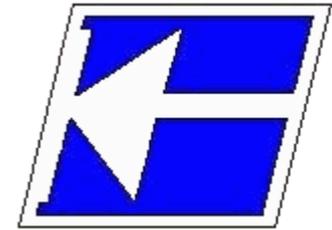
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Departamento Acadêmico de Eletrônica

CST em Eletrônica Industrial

Circuitos Elétricos I

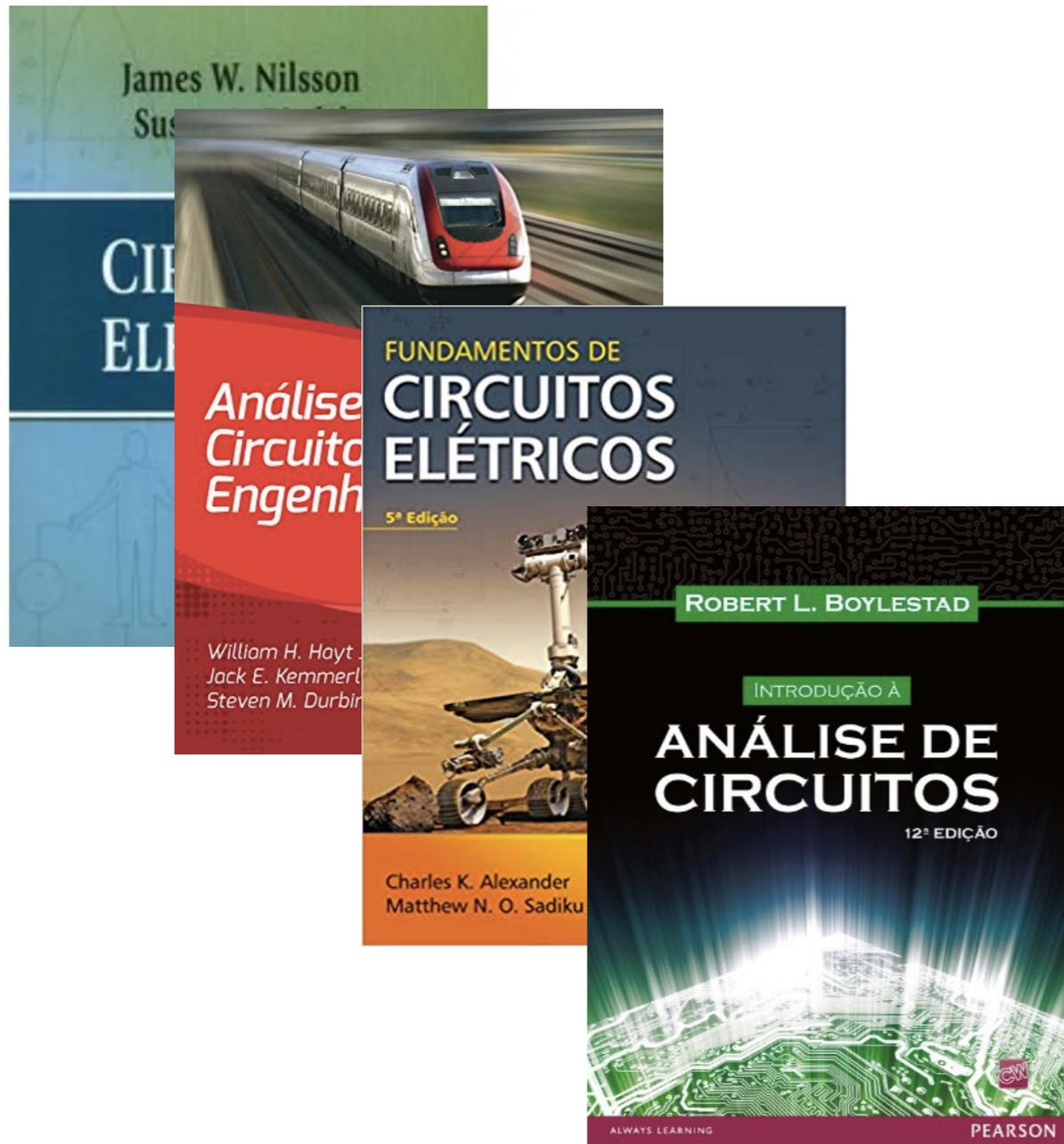


Lei de Ohm

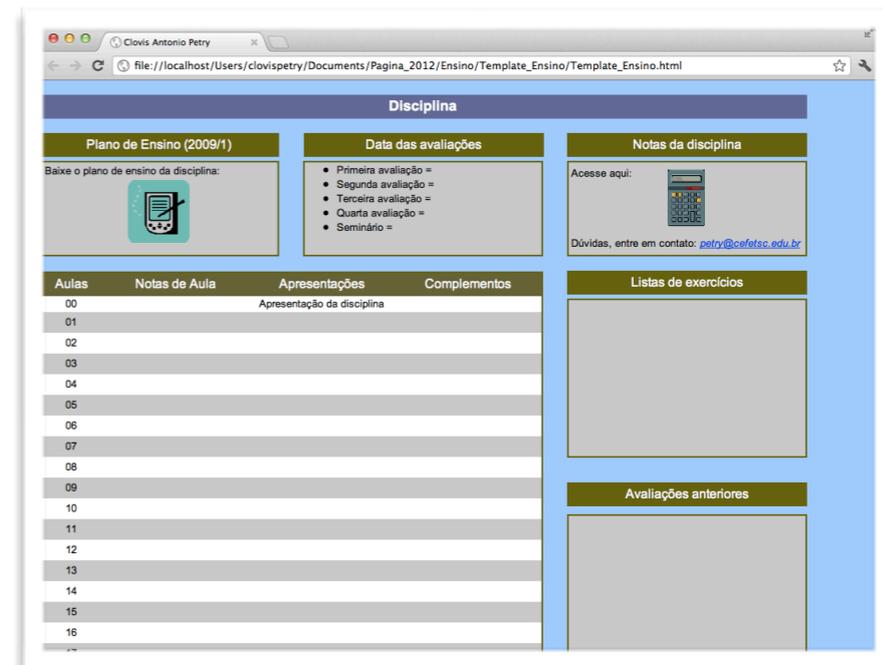
Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, março de 2020.

Biografia para Esta Aula



www.ProfessorPetry.com.br

Disciplina

Plano de Ensino (2009/1)

Baixe o plano de ensino da disciplina:

Data das avaliações

- Primeira avaliação =
- Segunda avaliação =
- Terceira avaliação =
- Quarta avaliação =
- Seminário =

Notas da disciplina

Acesse aqui:

Dúvidas, entre em contato: petry@cefetsc.edu.br

Aulas	Notas de Aula	Apresentações	Complementos	Listas de exercícios
00		Apresentação da disciplina		
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Avaliações anteriores

Introdução

Lei de Ohm:

- Definição;
- Unidade de medida;
- Gráfico da Lei de Ohm.

Potência

Energia

Eficiência

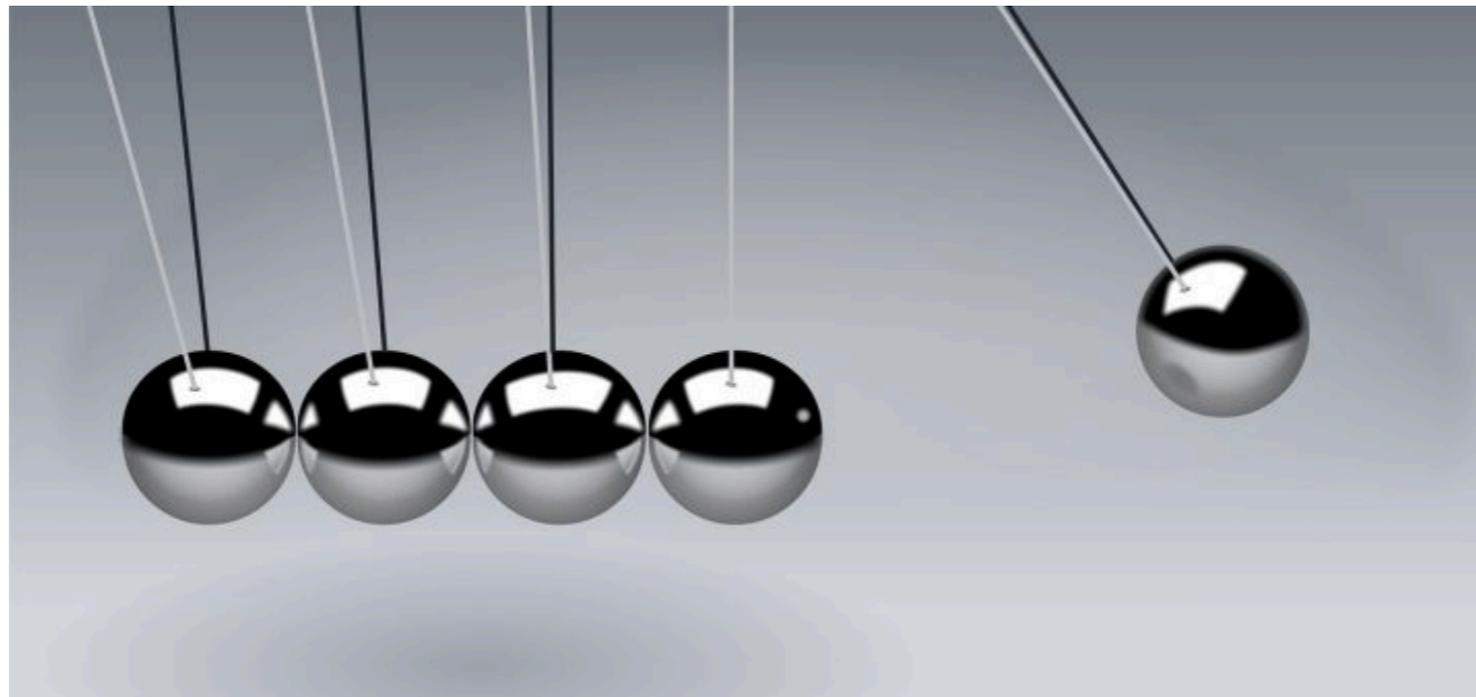


Introdução

Importância da Lei de Ohm:

- A primeira equação a ser descrita é, sem dúvida, uma das mais importantes a ser aprendida nesse campo.
- Ela é aplicável a circuitos CC, circuitos CA, circuitos digitais e de micro-ondas, e, na realidade, a qualquer tipo de sinal aplicado.
- Além disso, ela pode ser usada em um período de tempo ou em respostas instantâneas.
- A equação pode ser obtida diretamente da equação básica a seguir e usada em todos os sistemas físicos:

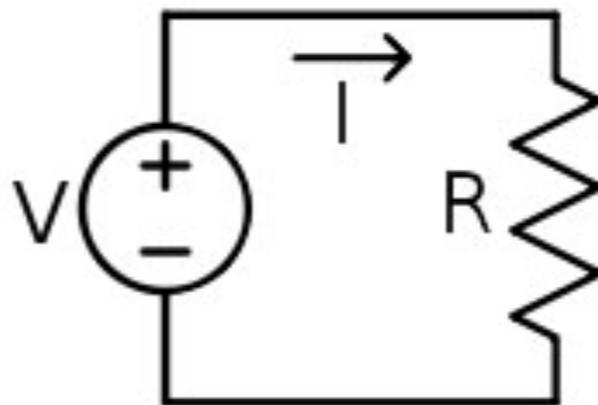
$$\text{Efeito} = \frac{\text{causa}}{\text{oposição}}$$



Introdução

Importância da Lei de Ohm:

- Qualquer processo de conversão de energia pode ser relacionado a essa equação.
- Em circuitos elétricos, o efeito que desejamos estabelecer é o fluxo de cargas ou a corrente.
- A diferença de potencial, ou tensão, entre dois pontos é a causa ("pressão"), e a oposição ao fluxo de cargas representa a resistência encontrada.
- Portanto, em resumo, a ausência de uma "pressão" como uma tensão em um circuito elétrico não resultará em reação, pois nenhuma corrente percorrerá o circuito.
- A corrente é uma reação à tensão aplicada, e não o fator que coloca o sistema em movimento.
- Mantendo essa analogia, quanto maior a pressão na torneira, maior a quantidade de água que flui através da mangueira, do mesmo modo que a aplicação de uma tensão maior, no mesmo circuito, resulta em uma corrente maior.



Lei de Ohm

Lei de Ohm:

- Em um circuito elétrico, a corrente elétrica (i) será proporcional à tensão aplicada (V) e à resistência (R) oferecida pelo circuito.

$$I = \frac{V}{R} \left[\text{ampères, } A \right]$$

onde:

- I é a corrente elétrica em ampères (A);
- V é a tensão elétrica em volts (V);
- R é a resistência elétrica em ohms (Ω).

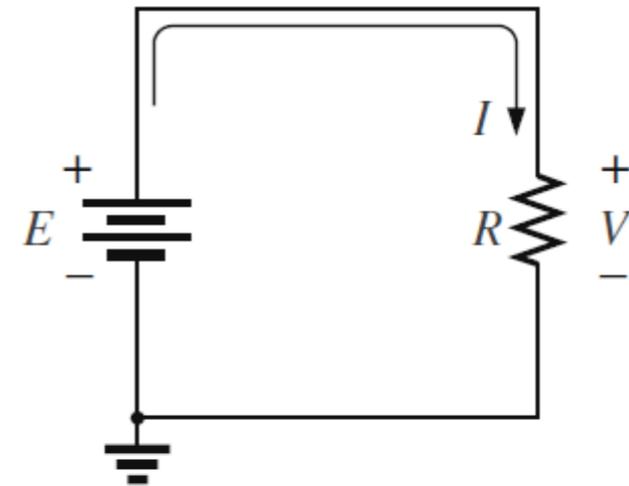


Figura 4.2 Circuito básico.

Lei de Ohm

Lei de Ohm:

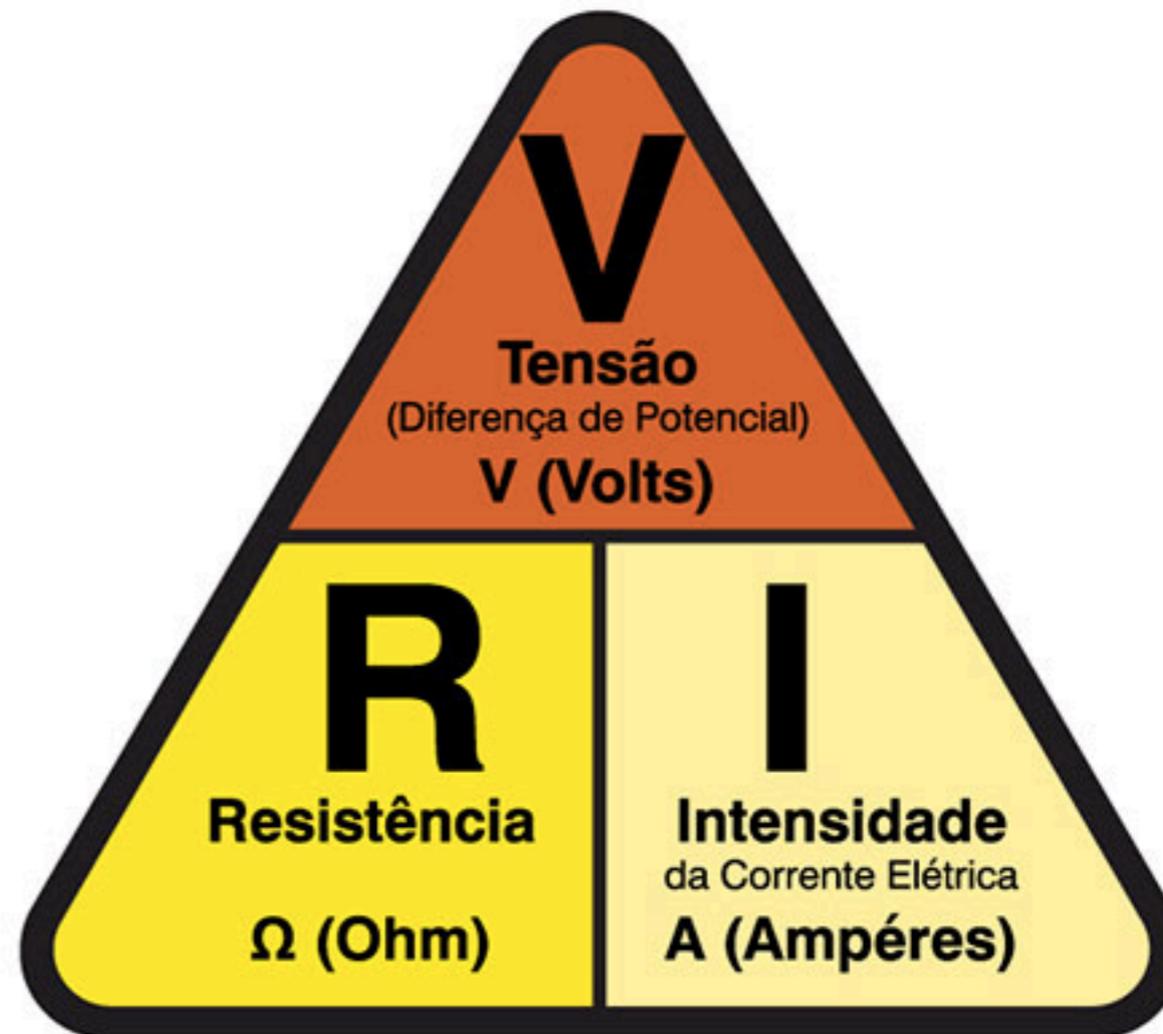
- Em um circuito elétrico, a corrente elétrica (I) será proporcional à tensão aplicada (V) e à resistência (R) oferecida pelo circuito.

$$I = \frac{V}{R} \left[\text{ampères}, A \right]$$

$$V = R \cdot I \left[\text{volts}, V \right]$$

$$R = \frac{V}{I} \left[\text{ohms}, \Omega \right]$$

Fórmula da Lei de Ohm



Lei de Ohm

Lei de Ohm:

- As polaridades nos componentes passivos (resistor - R , indutor - L e capacitor - C) são definidas como a corrente **entrando** no elemento, pelo terminal de tensão positiva (+).
- As polaridades nos componentes ativos (fontes) são definidas como a corrente **saindo** no elemento, pelo terminal de tensão positiva (+).

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{E}{R}$$

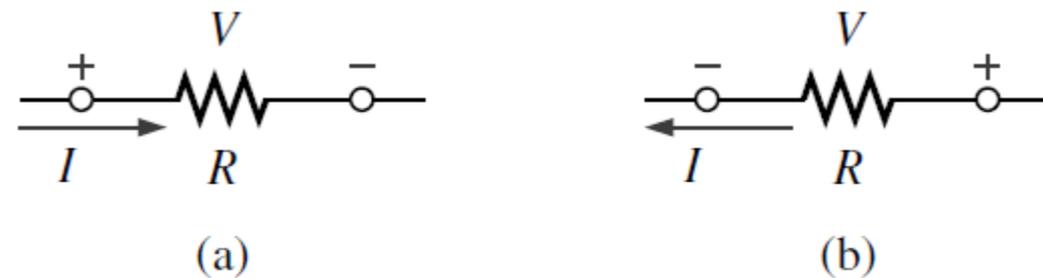


Figura 4.3 Definição de polaridades.

Lei de Ohm

Lei de Ohm:

- As polaridades nos componentes passivos (resistor - R , indutor - L e capacitor - C) são definidas como a corrente **entrando** no elemento, pelo terminal de tensão positiva (+).
- As polaridades nos componentes ativos (fontes) são definidas como a corrente **saindo** no elemento, pelo terminal de tensão positiva (+).

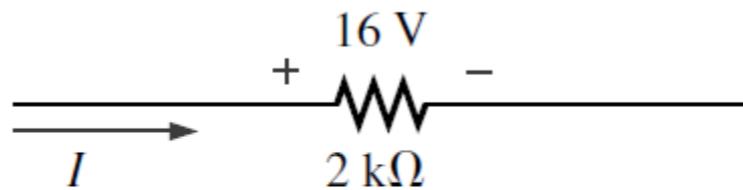


Figura 4.4 Exemplo 4.3.

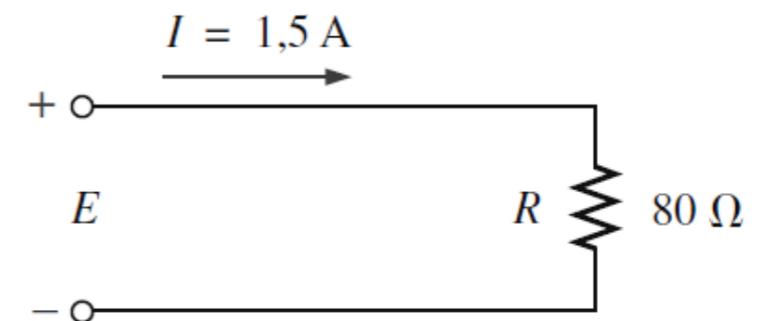


Figura 4.5 Exemplo 4.4.

Lei de Ohm

Lei de Ohm:

- As polaridades nos componentes passivos (resistor - R , indutor - L e capacitor - C) são definidas como a corrente **entrando** no elemento, pelo terminal de tensão positiva (+).
- As polaridades nos componentes ativos (fontes) são definidas como a corrente **saindo** no elemento, pelo terminal de tensão positiva (+).

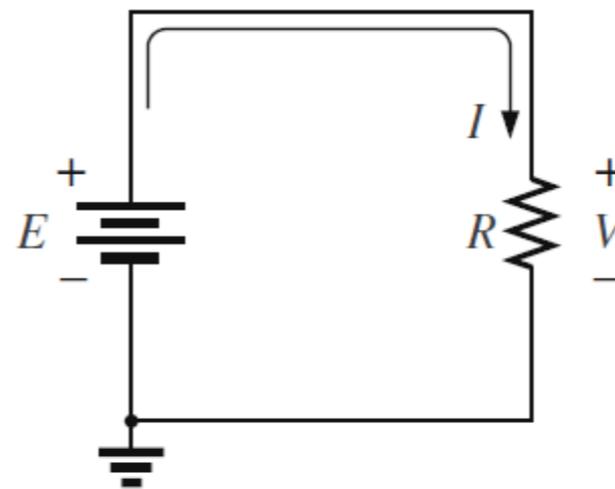
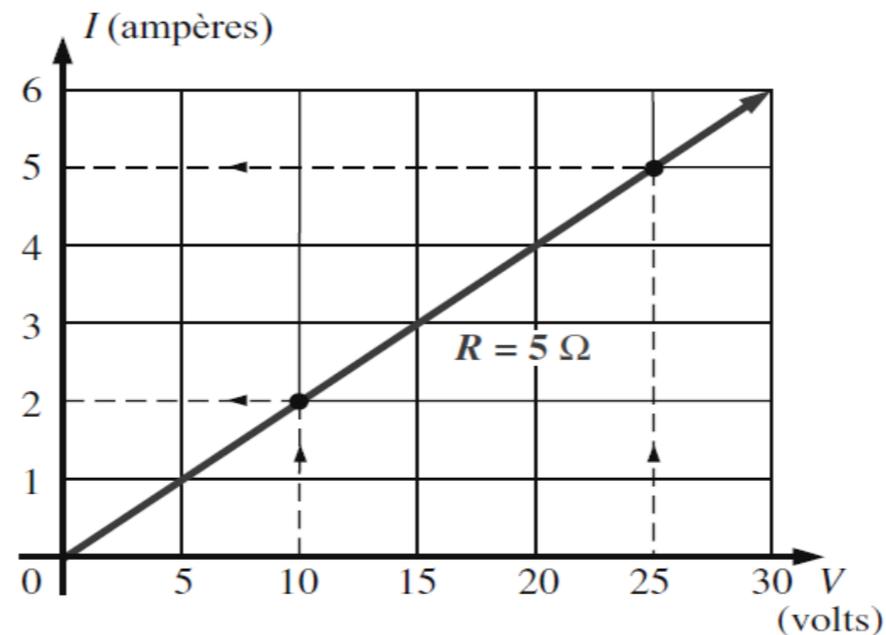
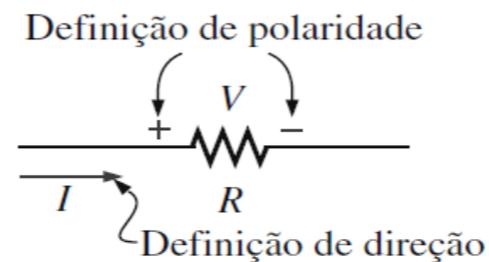


Figura 4.2 Circuito básico.

Lei de Ohm

Gráfico da Lei de Ohm:

- A representação gráfica desempenha uma função importante em todos os campos da ciência e da tecnologia como uma forma pela qual uma visão ampla do comportamento ou a resposta de um sistema pode ser convenientemente apresentada.
- Portanto, é importante desenvolver as habilidades necessárias para a leitura de dados e sua representação gráfica, de modo que eles possam ser interpretados facilmente.



$$R_{cc} = \frac{V}{I} [\text{ohms}, \Omega]$$

Figura 4.6 Gráfico da lei de Ohm.

Lei de Ohm

Gráfico da Lei de Ohm

$$m = \text{inclinação da reta} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{1}{R}$$

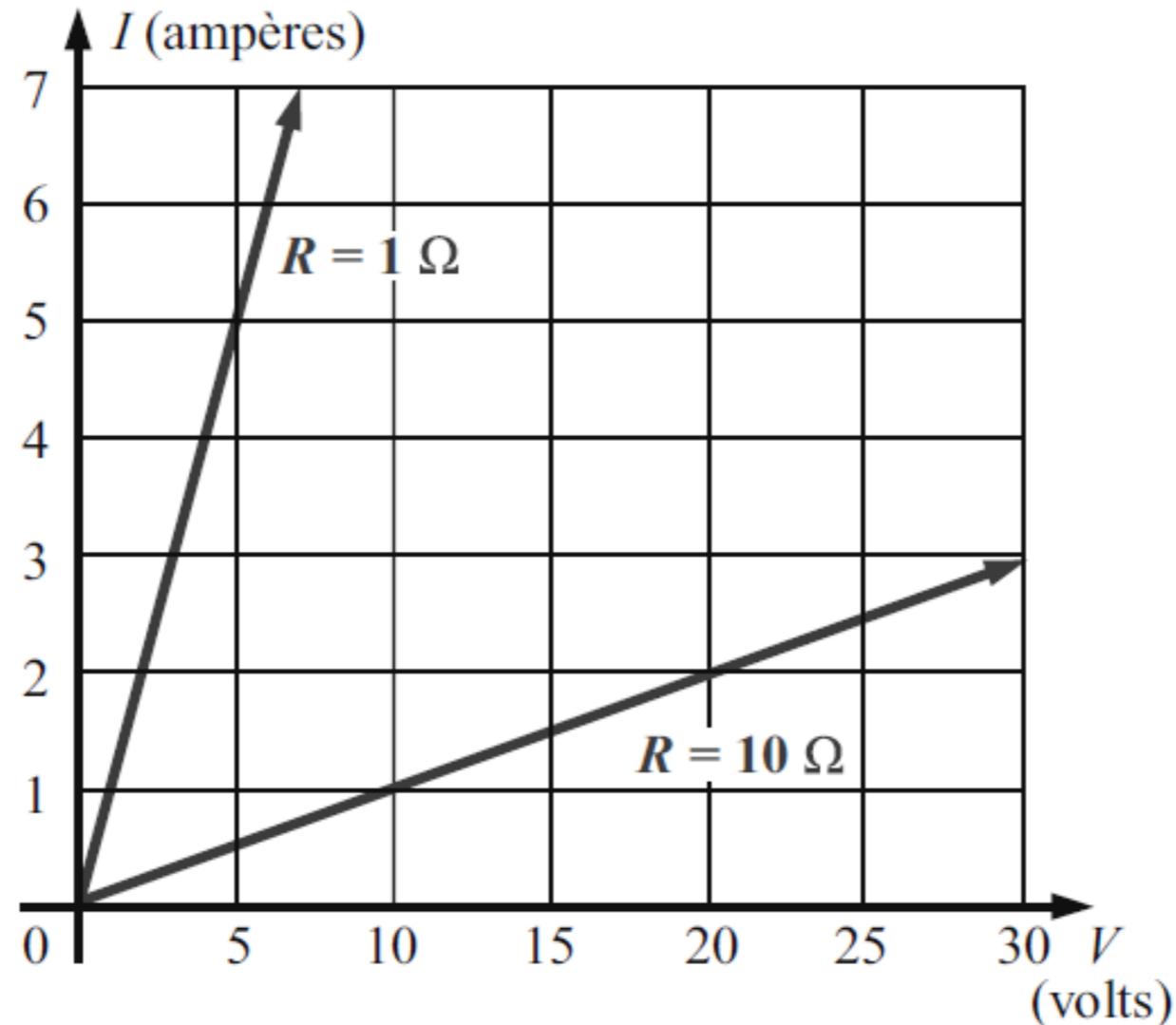


Figura 4.7 Gráfico V - I mostrando que, quanto menor for a resistência, maior será a inclinação da reta.

Lei de Ohm

Gráfico da Lei de Ohm

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} [\text{ohms}, \Omega]$$

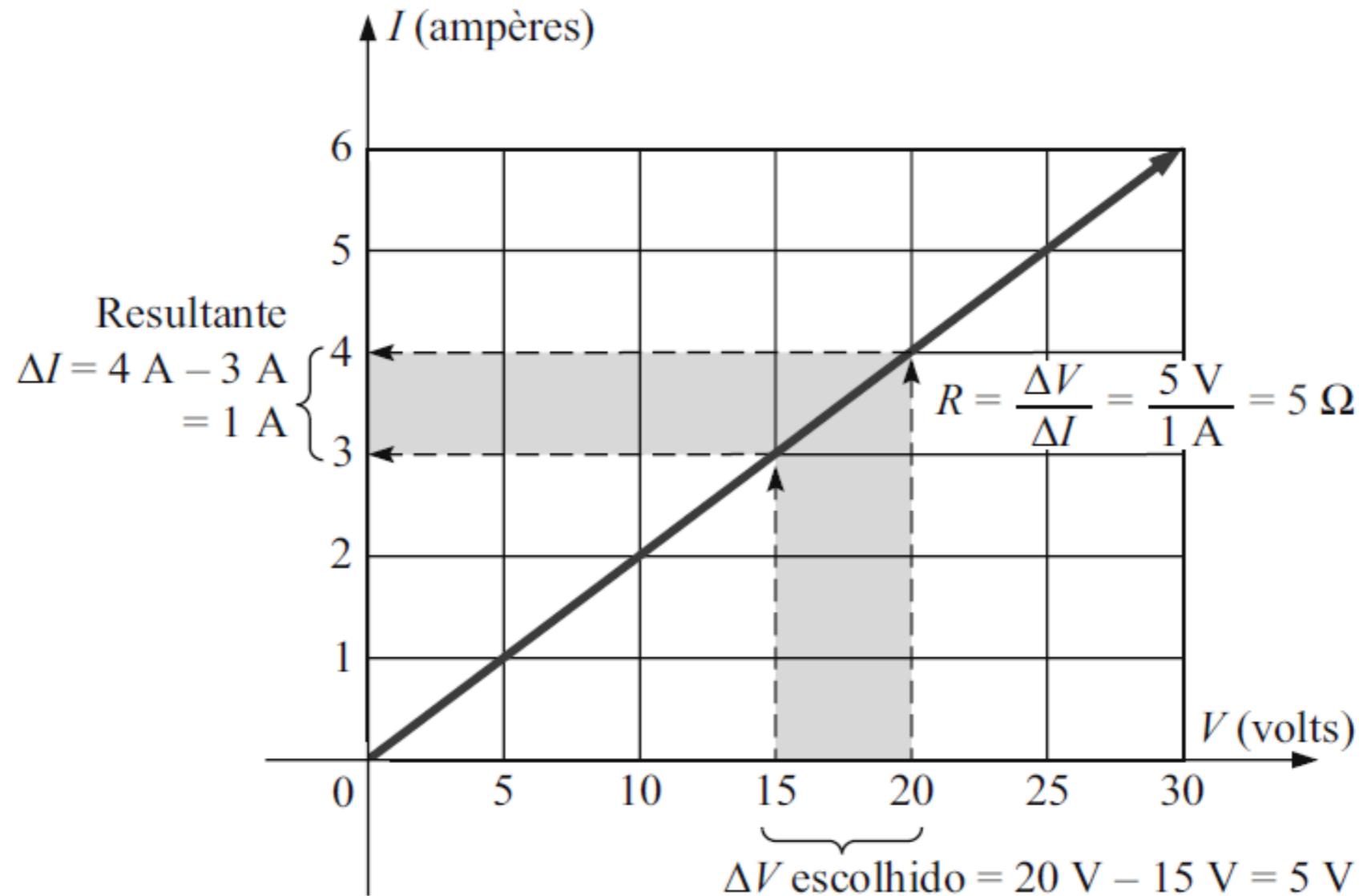


Figura 4.8 Aplicação da Equação 4.7.

Gráfico da Lei de Ohm

EXEMPLO 4.5

Determine a resistência associada ao gráfico da Figura 4.9 usando as equações 4.5 e 4.7, e compare os resultados.

Solução:

Para $V = 6 \text{ V}$, $I = 3 \text{ mA}$ e:

$$R_{cc} = \frac{V}{I} = \frac{6 \text{ V}}{3 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

Para o intervalo entre 6 e 8 V:

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{2 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

Os resultados são idênticos.

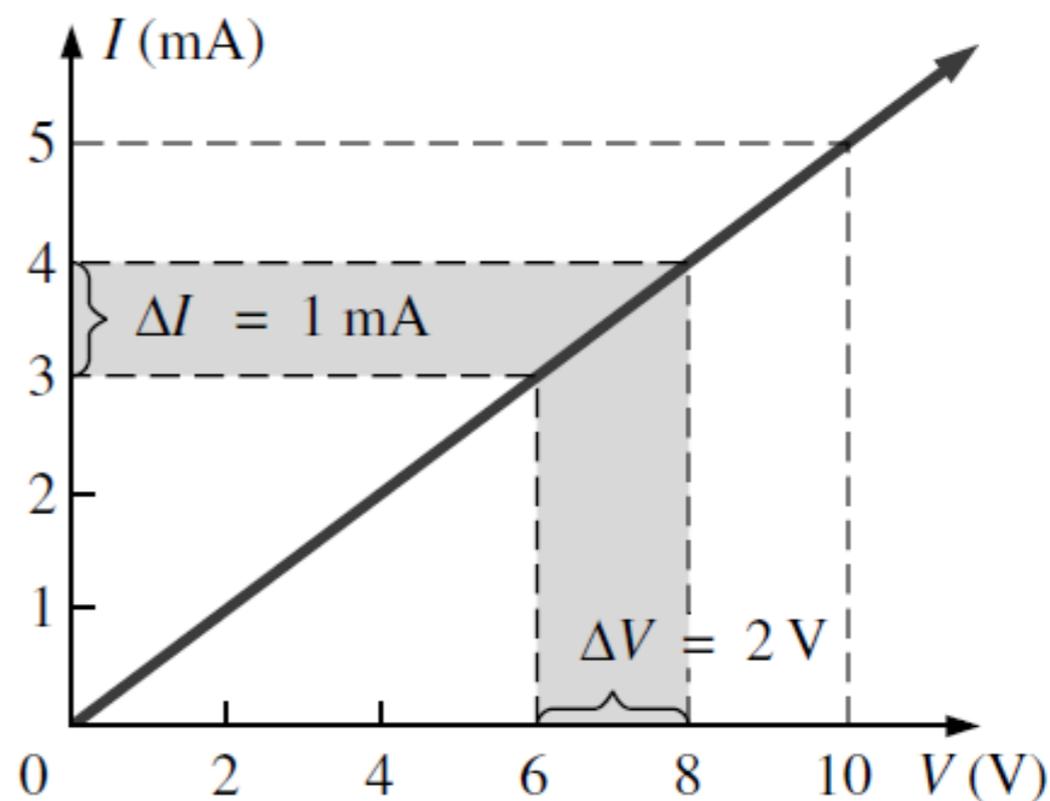


Figura 4.9 Exemplo 4.5.

Lei de Ohm

Gráfico da Lei de Ohm:

- O diodo se comporta como uma resistência baixa para a corrente elétrica passando em um sentido, e como uma resistência alta para a corrente que tenta passar no sentido oposto, muito parecido com o comportamento elétrico de uma chave.

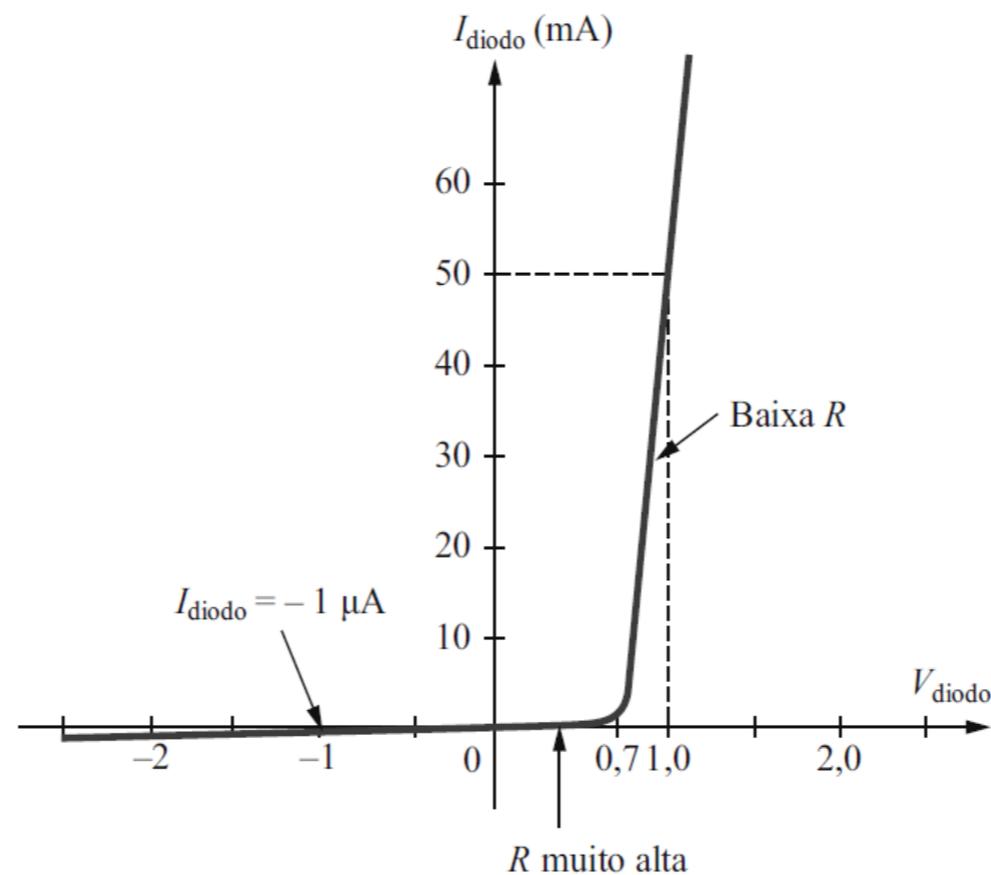


Figura 4.10 Curva característica de um diodo semicondutor.

Potência

Potência elétrica:

- Em geral, o termo potência é aplicado para fornecer uma indicação da quantidade de trabalho (conversão de energia) que pode ser realizado em um determinado período de tempo; isto é, a potência é a velocidade com que um trabalho é executado.
- Como a energia convertida é medida em joules (J) e o tempo em segundos (s), a potência é medida em joules/segundo (J/s).
- A unidade elétrica de medida de potência é o watt (W), definida por:

$$1 \text{ watt } (W) = 1 \text{ joule / segundo } (J / s)$$

$$P = \frac{W}{t} \left[\text{watts, } W, \text{ ou joules / segundo, } J / s \right]$$

onde:

- Potência elétrica em watts (W);
- W é a energia em joules (J);
- t é o tempo em segundos (s).

Potência

Potência elétrica:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q \cdot V}{t} = V \frac{Q}{t}$$

$$i = \frac{Q}{t}$$

$$P = V \cdot I$$

$$P = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

Usando a definição de tensão elétrica: $V = W/Q$

Usando a Lei de Ohm: $I = V/R$

Potência

Potência elétrica:

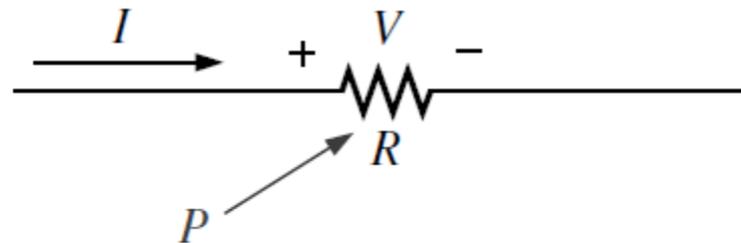


Figura 4.12 Potência dissipada por um elemento resistivo.

EXEMPLO 4.6

Determine a potência entregue ao motor de corrente contínua ilustrado na Figura 4.13.

Solução:

$$P = EI = (120 \text{ V})(5 \text{ A}) = 600 \text{ W} = 0,6 \text{ kW}$$

$$P = V \cdot I \text{ [watts, } W \text{]}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

$$1 \text{ cv} = 736 \text{ W}$$

onde:

- hp - horse power;
- cv - cavalo vapor.

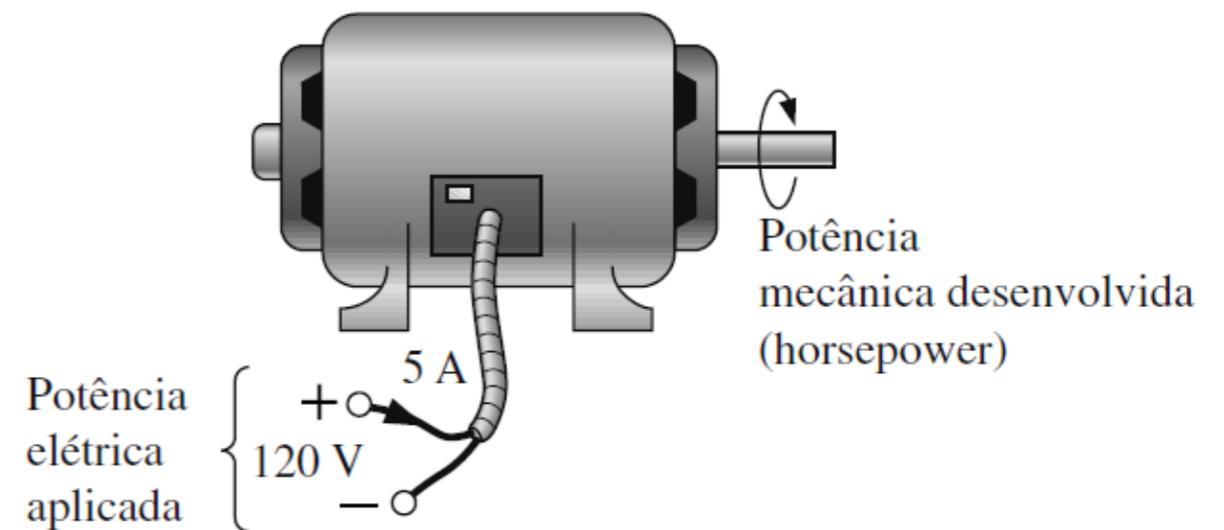


Figura 4.13 Exemplo 4.6.

Potência

Potência elétrica:

$$P = V \cdot I$$

$$V = \frac{P}{I}$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

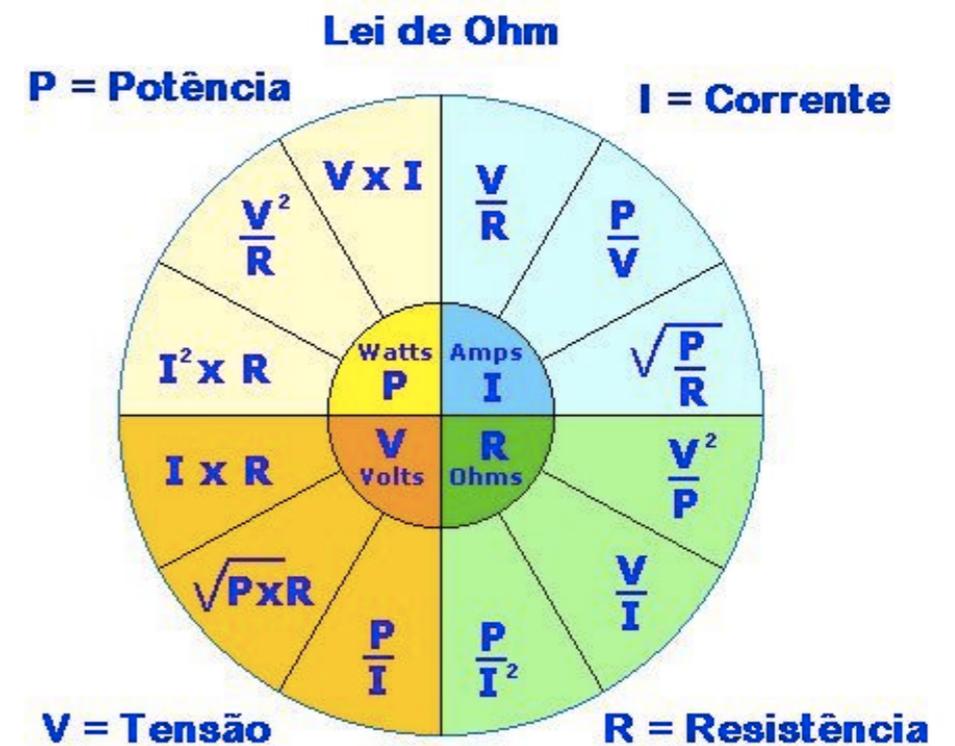
$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$V = \sqrt{R \cdot P}$$

$$P = R \cdot I^2$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$



Potência

Potência elétrica:

EXEMPLO 4.7

Qual a potência dissipada por um resistor de 5Ω se a corrente nele for de 4 A ?

Solução:

$$P = I^2R = (4 \text{ A})^2(5 \Omega) = 80 \text{ W}$$

Potência elétrica:

EXEMPLO 4.8

A curva característica I - V de uma lâmpada de filamento é mostrada na Figura 4.14. Observe a não linearidade da curva, indicando grande variação no valor da resistência do filamento com a tensão aplicada. Se a tensão nominal de operação da lâmpada é 120 V, determine a potência dissipada. Calcule também a resistência da lâmpada sob essas condições de funcionamento.

Solução:

Para uma tensão de 120 V:

$$I = 0,625 \text{ A}$$

e
$$P = VI = (120 \text{ V})(0,625 \text{ A}) = 75 \text{ W}$$

Para a mesma tensão de 120 V:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120 \text{ V}}{0,625 \text{ A}} = 192 \text{ } \Omega$$

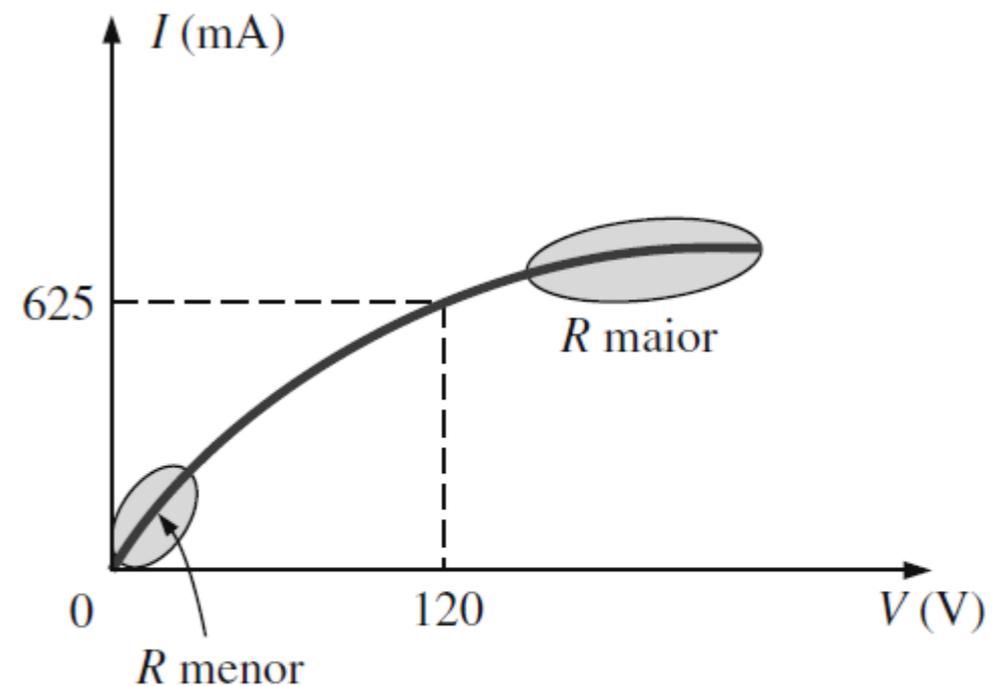


Figura 4.14 Gráfico I - V não linear de uma lâmpada de filamento de 75 W (Exemplo 4.8).

Energia

Energia:

- Para que uma potência, que determina a velocidade com que um trabalho é realizado, produza uma conversão de uma forma de energia em outra, é preciso que ela seja usada por um certo período.
- A energia (W) consumida ou fornecida por um sistema é, portanto, determinada por:

$$W = P \cdot t \left[\text{watts} - \text{segundos}, \text{Ws}, \text{ou joules} \right]$$

onde:

- W é a energia em joules (J);
- P é a potência em watts (W);
- t é o tempo em segundos (s).

Energia:

- Observe que certa quantidade de energia em kilowatts-horas é expressa pelo número que exprime essa mesma quantidade de energia em watts-horas dividido por 1.000.
- Para que você tenha uma ideia da quantidade de energia que essa unidade representa, saiba que 1 kWh é a quantidade de energia dissipada por uma lâmpada de 100 W ligada durante 10 horas.
- O medidor de kilowatts-horas é um instrumento destinado a medir a energia elétrica fornecida a consumidores residenciais e comerciais.

$$Energia(Wh) = potência(W) \cdot tempo(h)$$

$$Energia(kWh) = \frac{potência(W) \cdot tempo(h)}{1000}$$

onde:

- W é a energia em watts-hora ou kwatts-hora;
- P é a potência em watts (W);
- t é o tempo em horas (h).



(a)



(b)

Figura 4.16 Medidores de kilowatts-horas: (a) analógico; (b) digital. [Cortesia de (a) Bill Fehr/Shutterstock e (b) Jeff Wilber/Shutterstock.]

Energia

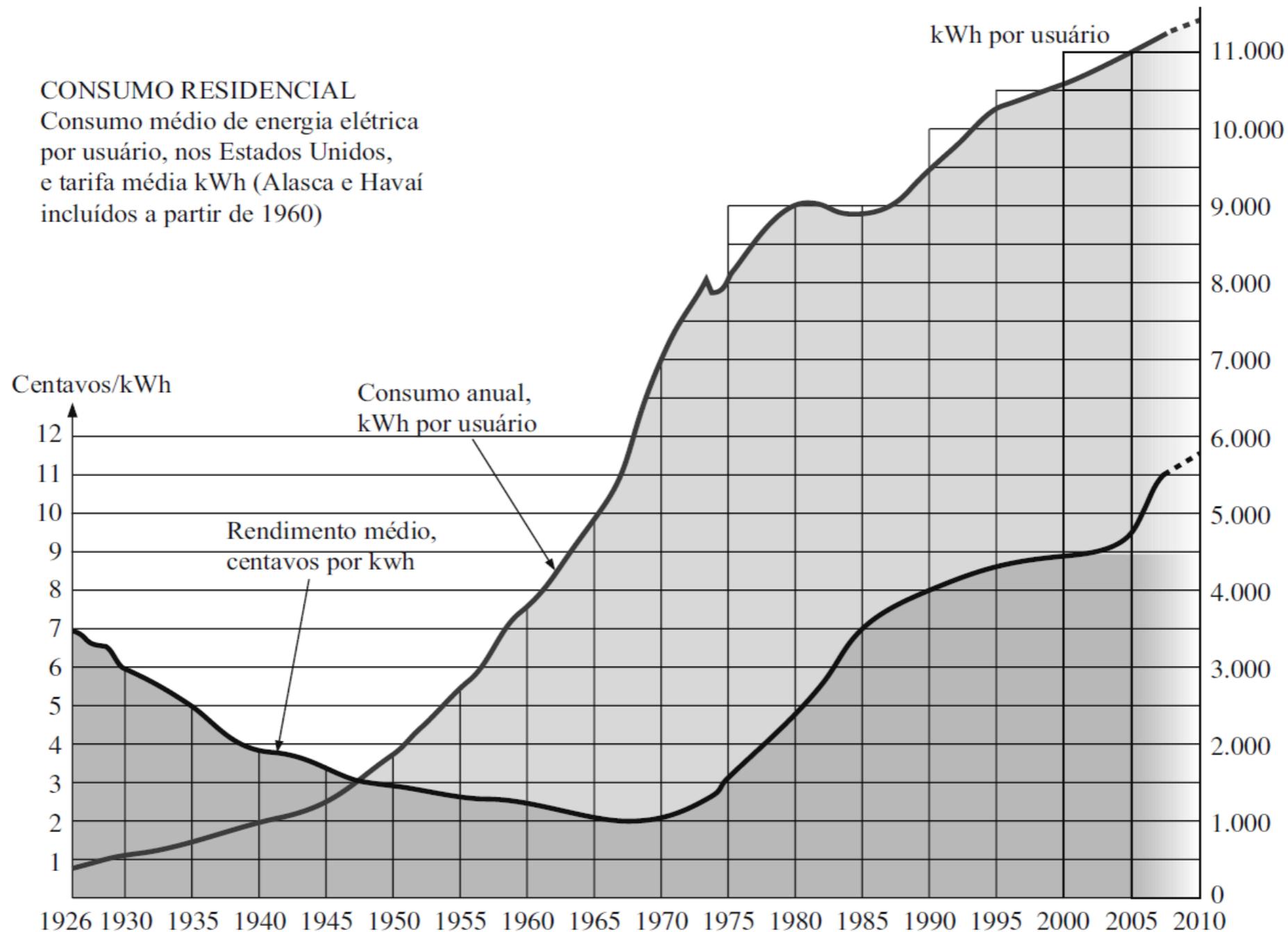


Figura 4.17 Custo por kWh e consumo médio em kWh por usuário em função do tempo. (Baseado em dados de Edison Electric Institute.)

Tabela 4.1 Potências típicas de alguns eletrodomésticos comuns.

Aparelho	Potência em watts	Aparelho	Potência em watts
Ar-condicionado (sala)	1.400	Laptop:	
Secadora (jato de ar)	1.300	Consumo baixo	<1 W (tipicamente 0,3 a 0,5)
Telefone celular:		Consumo médio	80
Modo <i>standby</i>	$\cong 35$ mW	Forno de micro-ondas	1.200
Modo conversação	$\cong 4,3$ W	Nintendo Wii	19
Relógio	2	Rádio	70
Secadora de roupa (elétrica)	4.300	Fogão (autolimpante)	12.200
Cafeteira	900	Refrigerador (com degelo automático)	1.800
Máquina de lavar louça	1.200	Barbeador	15
Ventilador:		Lâmpada solar	280
Portátil	90	Torradeira	1.200
De teto	200	Compactador de lixo	400
Aquecedor central	1.500	TV:	
Aparelhos para aquecimento:		Plasma	340
Aquecedor portátil	320	LCD	220
Aquecedor a óleo	230	VCR/DVD	25
Ferro elétrico (seco ou a vapor)	1.000	Máquina de lavar roupas	500
		Aquecedor de água (boiler)	4.500
		Xbox 360	187

EXEMPLO 4.11

Calcule a quantidade de energia (em kilowatts-horas) necessária para manter uma lâmpada de filamento 60 W acesa continuamente durante um ano (365 dias).

Solução:

$$W = \frac{Pt}{1.000} = \frac{(60 \text{ W})(24 \text{ h/dia})(365 \text{ dias})}{1.000} = \frac{525.600 \text{ Wh}}{1.000}$$
$$= \mathbf{525,60 \text{ kWh}}$$

EXEMPLO 4.12

Durante quanto tempo uma TV de plasma de 340 W teria de ficar ligada para consumir 4 kWh?

Solução:

$$W = \frac{Pt}{1.000} \Rightarrow t(\text{horas}) = \frac{(W)(1.000)}{P} = \frac{(4 \text{ kWh})(1.000)}{340 \text{ W}}$$
$$= \mathbf{11,76 \text{ h}}$$

EXEMPLO 4.13

Qual é o custo da utilização de um motor de 5 hp durante 2 horas se a tarifa é de 11 centavos por kWh?

Solução:

$$\begin{aligned}
 W \text{ (kilowatt-hora)} &= \frac{Pt}{1.000} = \frac{(5 \text{ hp} \times 746 \text{ W/hp})(2 \text{ h})}{1.000} \\
 &= 7,46 \text{ kWh} \\
 \text{Custo} &= (7,46 \text{ kWh})(11\text{¢/kWh}) \\
 &= \mathbf{82,06 \text{ centavos}}
 \end{aligned}$$

EXEMPLO 4.14

Qual é o custo total da utilização dos itens a seguir, considerando uma tarifa de 11 centavos por kWh?

- Uma torradeira de 1.200 W durante 30 minutos.
- Seis lâmpadas de 50 W durante 4 horas.
- Uma máquina de lavar de 500 W durante 45 minutos.
- Uma secadora de roupas elétrica de 4.800 W durante 20 minutos.
- Um PC de 80 W por 6 horas.

Solução:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{(1200\text{W})(\frac{1}{2}\text{h}) + (6)(50\text{W})(4\text{h}) + (500\text{W})(\frac{3}{4}\text{h}) + (4300\text{W})(\frac{1}{3}\text{h}) + (80\text{W})(6\text{h})}{1000} \\
 &= \frac{600 \text{ Wh} + 1.200 \text{ Wh} + 375 \text{ Wh} + 1.433 \text{ Wh} + 480 \text{ Wh}}{1.000} \\
 &= \frac{4.088 \text{ Wh}}{1.000} \\
 W &= 4,09 \text{ kWh} \\
 \text{Custo} &= (4,09 \text{ kWh})(11\text{¢/kWh}) \cong \mathbf{45 \text{ centavos}}
 \end{aligned}$$

Eficiência

Eficiência:

- A figura a seguir ilustra o fluxo de energia em um sistema no qual a energia muda de forma.
- Observe em particular que a quantidade de energia na saída é sempre menor do que a que entrou no sistema devido às perdas e, às vezes, ao armazenamento de energia no interior do sistema.
- A melhor situação que se pode esperar é que os valores absolutos de W_o e W_i sejam relativamente próximos um do outro.

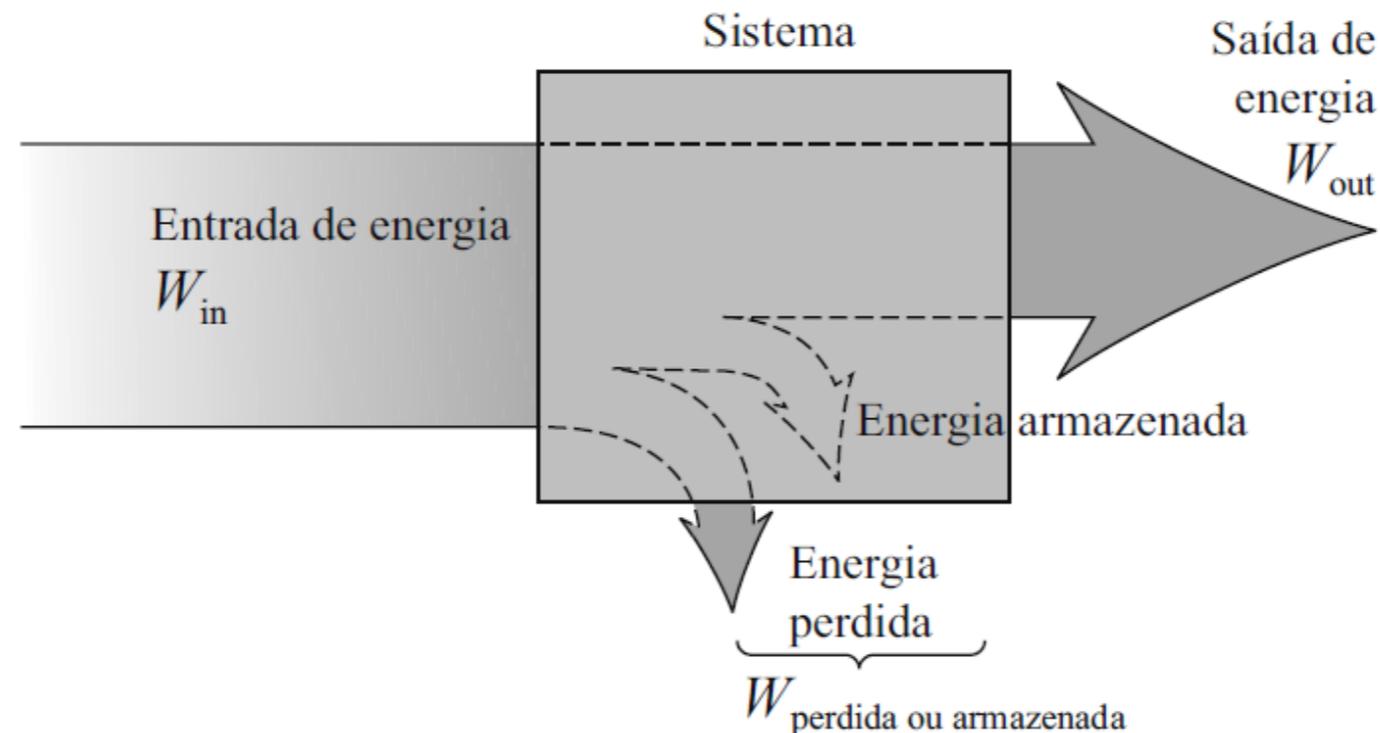


Figura 4.18 Fluxo de energia em um sistema.

Eficiência

Eficiência:

Entrada de energia = saída de energia + energia perdida e/ou armazenada no sistema

$$\frac{W_{\text{entrada}}}{t} = \frac{W_{\text{saída}}}{t} + \frac{W_{\text{perdida ou armazenada no sistema}}}{t}$$

Usando $P=W/t$

$$P_i = P_o + P_{\text{perdida ou armazenada no sistema}} \left[\text{watts}, W \right]$$

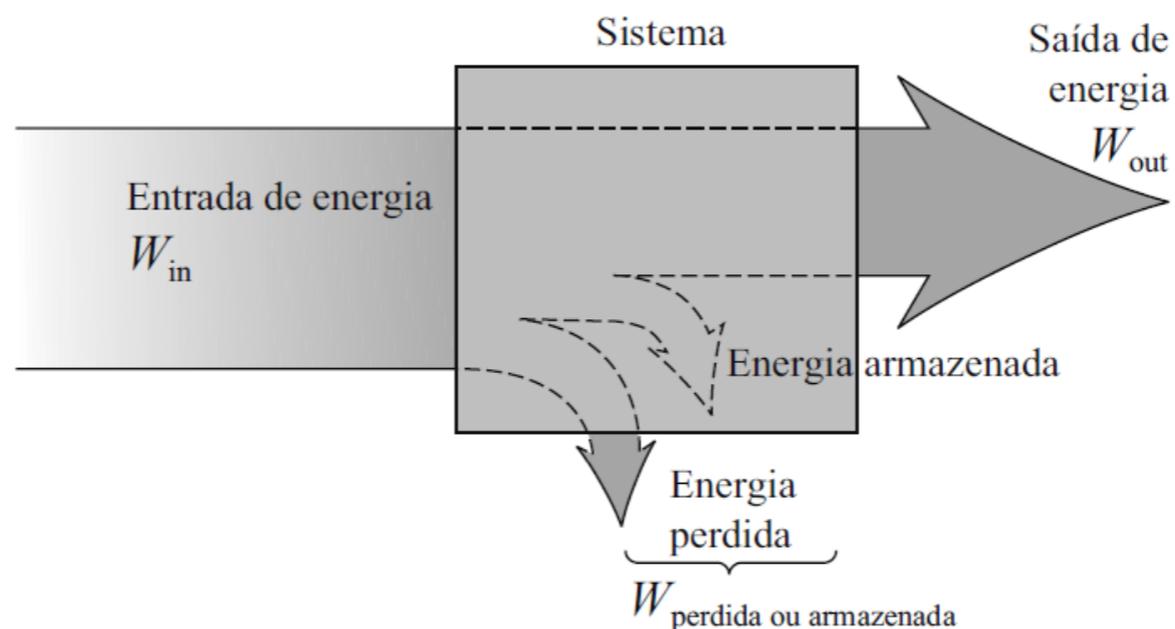


Figura 4.18 Fluxo de energia em um sistema.

Eficiência

Eficiência:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{potência de saída}}{\text{potência de entrada}}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

$$\eta\% = \frac{P_o}{P_i} \cdot 100\%$$

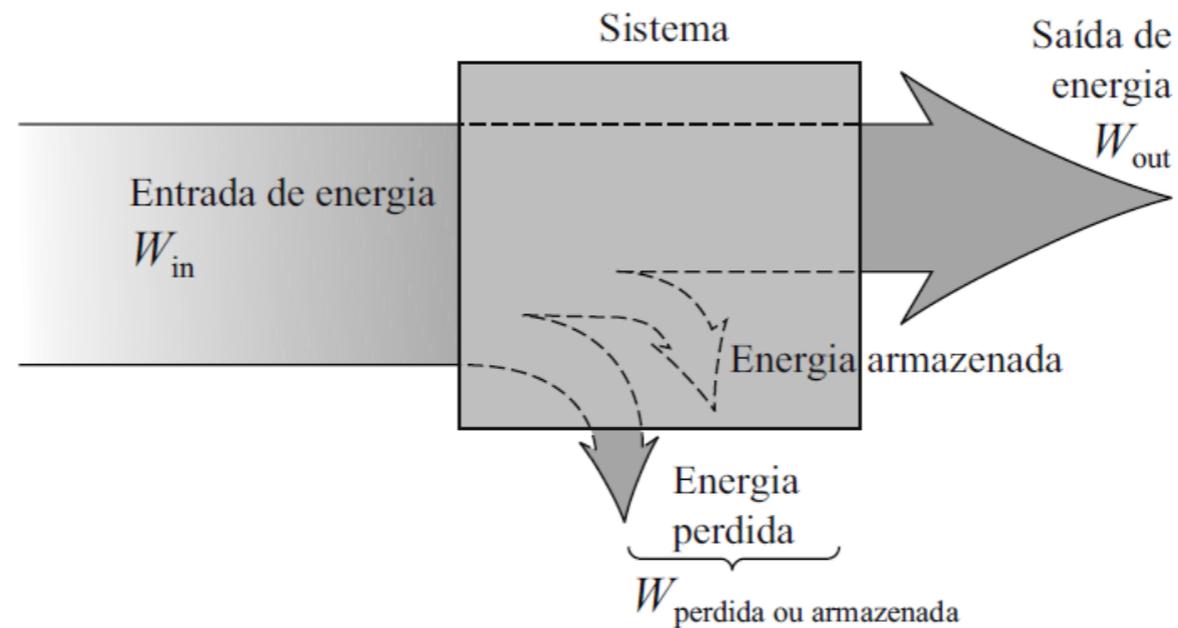


Figura 4.18 Fluxo de energia em um sistema.

Eficiência:

EXEMPLO 4.15

Um motor de 2 hp opera com uma eficiência de 75 por cento. Qual é a potência de entrada em watts? Se a tensão aplicada ao motor é de 220 V, qual é a corrente na entrada?

Solução:

$$\eta\% = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$$

$$0,75 = \frac{(2 \text{ hp})(746 \text{ W/hp})}{P_i}$$

e
$$P_i = \frac{1.492 \text{ W}}{0,75} = \mathbf{1.989,33 \text{ W}}$$

$$P_i = EI \text{ ou } I = \frac{P_i}{E} = \frac{1.989,33 \text{ W}}{220 \text{ V}} = \mathbf{9,04 \text{ A}}$$

Eficiência:

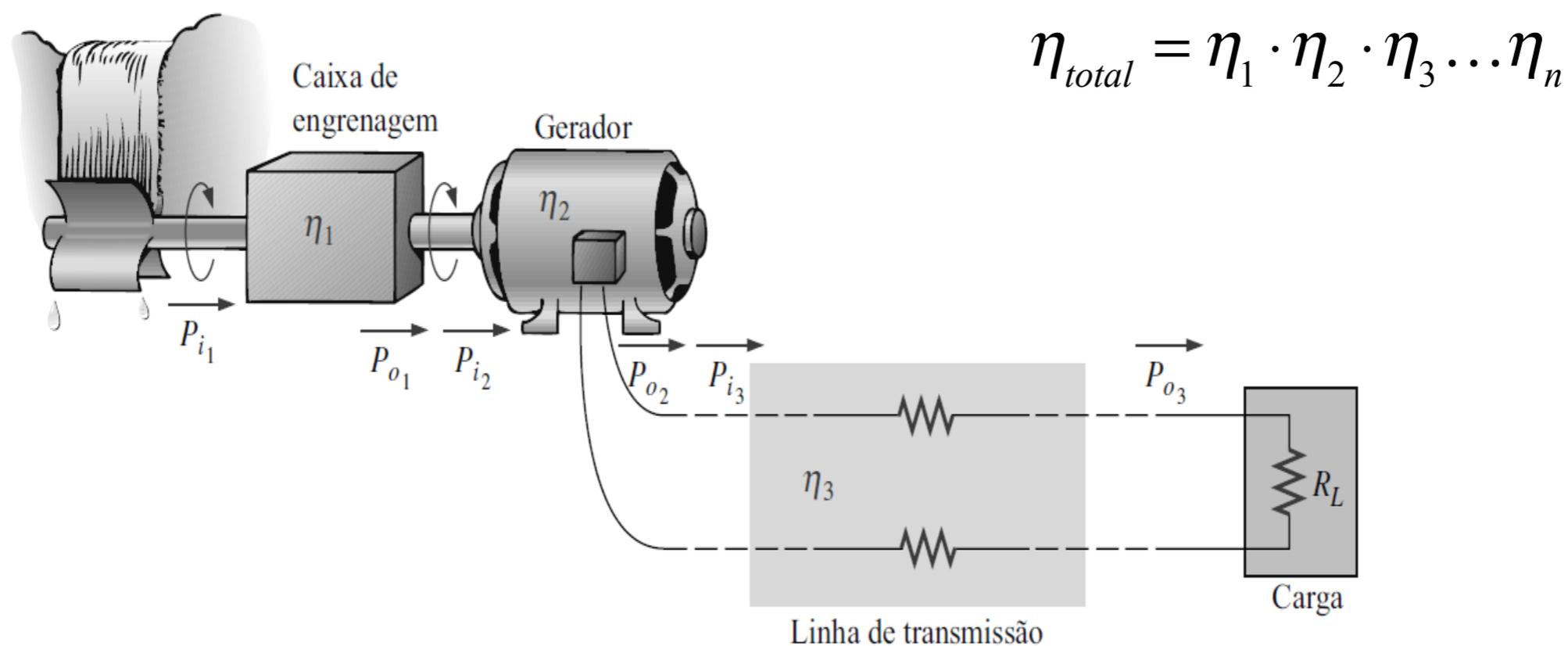


Figura 4.19 Componentes básicos de um sistema de geração de energia elétrica.

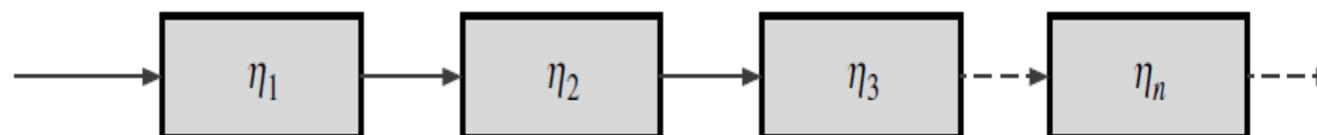
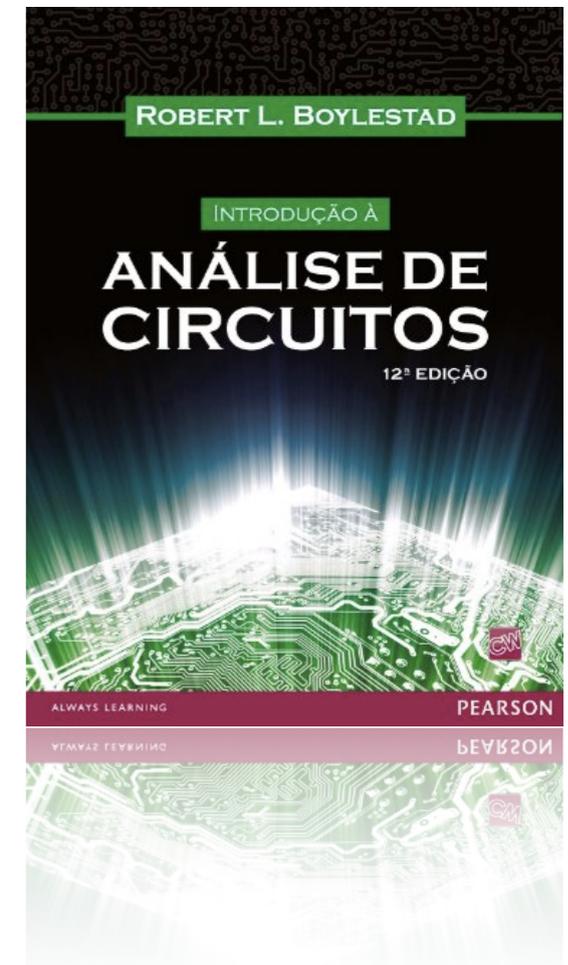
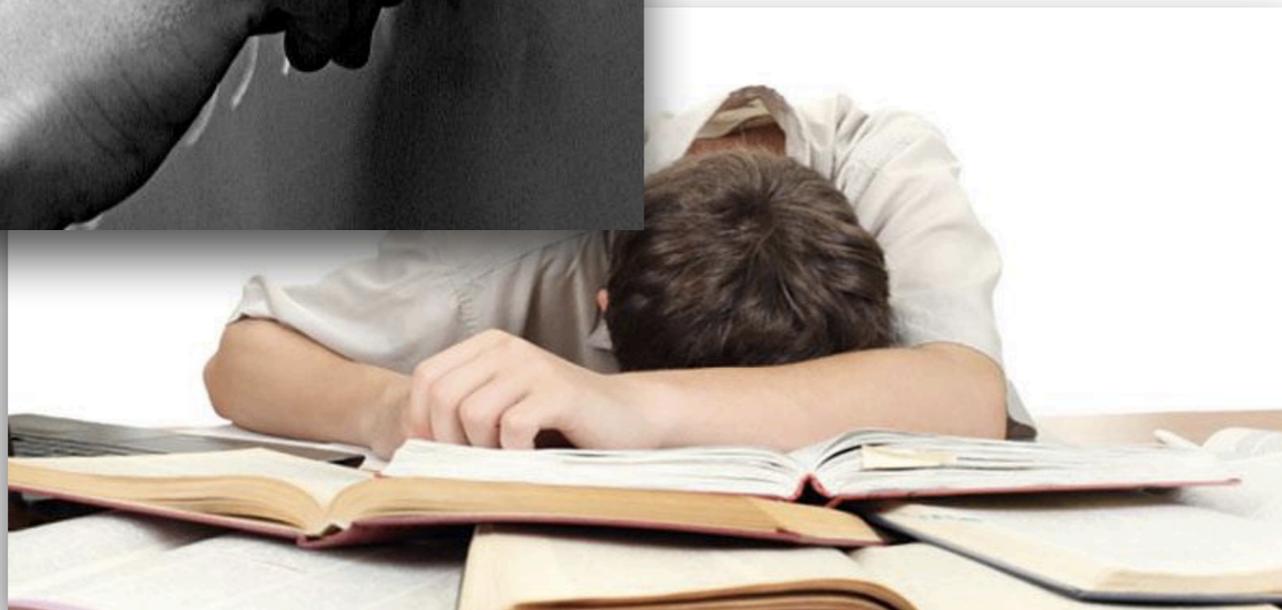
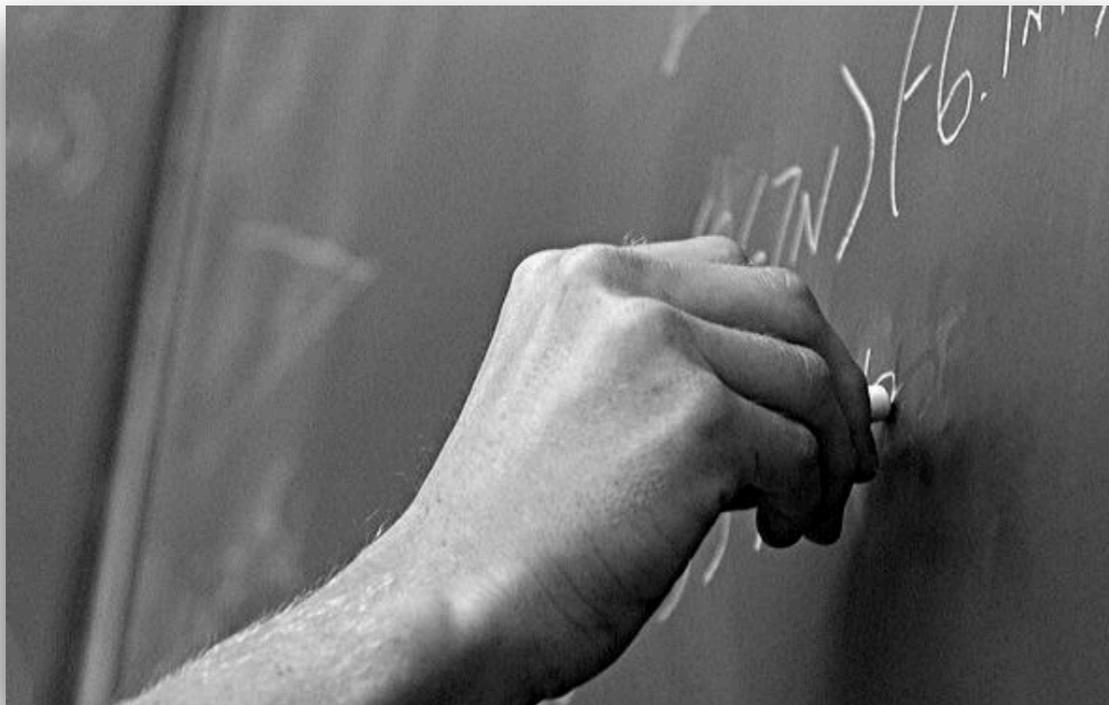


Figura 4.20 Sistema em cascata.

Demonstrações

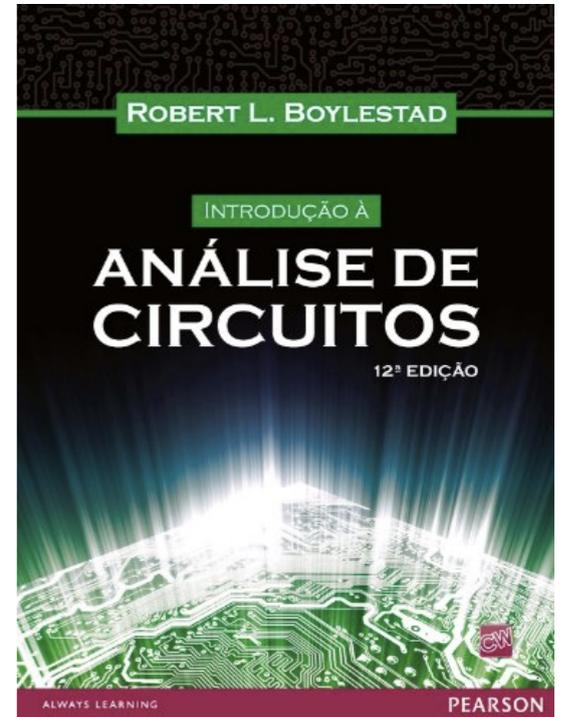
Exemplos:

- Exemplos e problemas do capítulo 4 - Lei de Ohm do livro *Análise de Circuitos* de Robert L. Boylestad, Pearson, 2012.

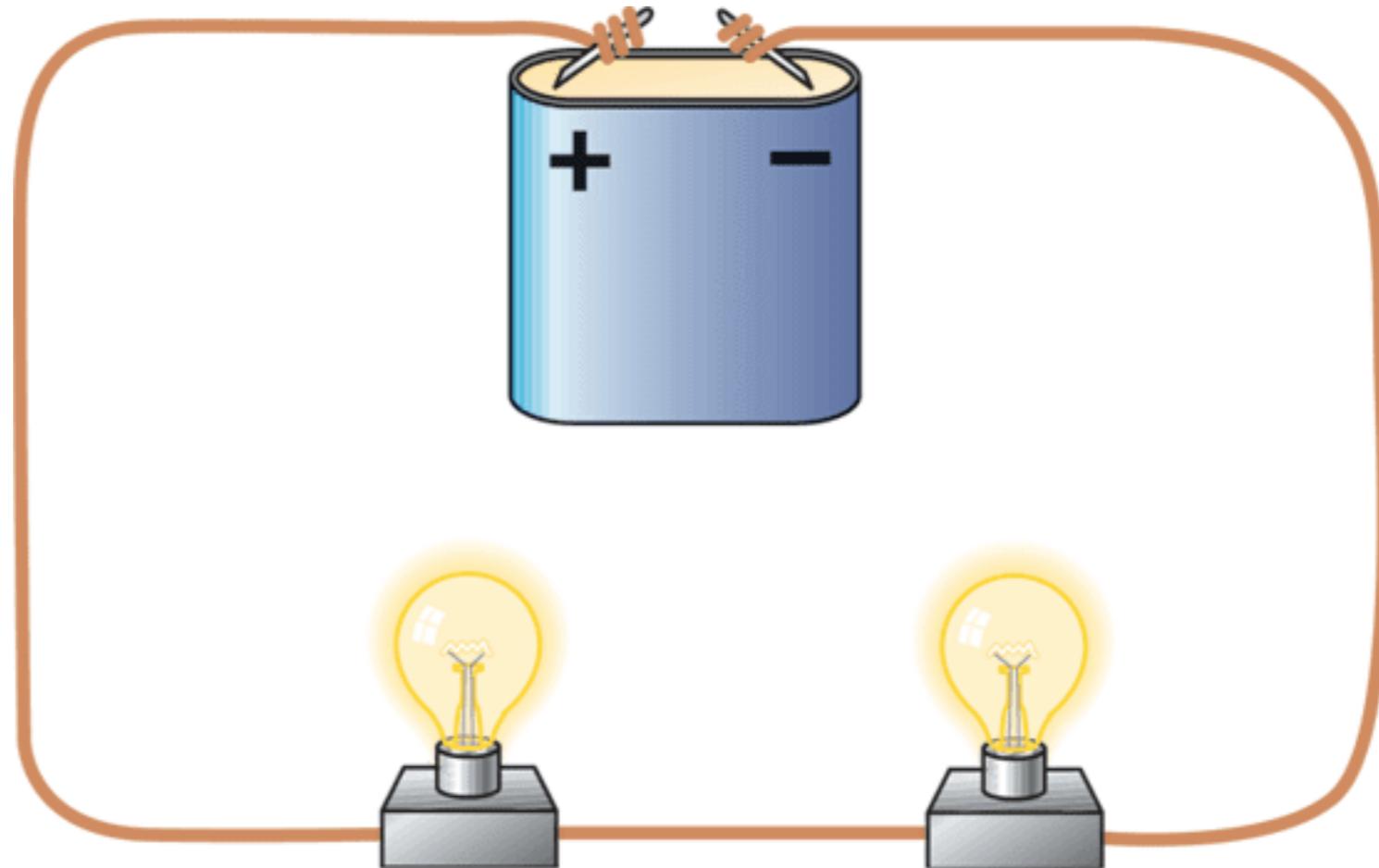


Durante e após a aula:

- Ler o capítulo 4 - Lei de Ohm do livro Análise de Circuitos de Robert L. Boylestad, Pearson, 2012.



Circuitos em série.



Fonte: <http://eletricasimplesefacil.blogspot.com/2016/01/tipos-de-circuito.html>