

3. Resistência



"Em termos gerais, os efeitos da corrente no corpo humano são os seguintes:

- com menos do que 0.01 A: sensação de formigueiro ou nada se sente;
- 0.02 A: sensação de dor e fica-se agarrado;
- 0.03 A: perturbações respiratórias;
- 0.07 A: grandes dificuldades respiratórias;
- 0.1 A: morte devido a fibrilação;
- mais do que 0.2 A; não existe fibrilação mas verificam-se queimaduras muito graves e cessa a respiração.

A gama intermédia que vai de 0.1 a 0.2 A é, por estranho que pareça, a que origina a maior parte das mortes nas situações comuns, porque a este nível de intensidade inicia-se a fibrilação do coração, que consiste numa contração muscular espasmódica e incontrolada do coração. A quebra da corrente sanguínea daí resultante origina rapidamente a morte. Acima de 0.2 A o coração simplesmente pára e as medidas normais de primeiros socorros podem restabelecer o seu funcionamento. Mas o único processo para deter a fibrilação é um outro choque elétrico controlado. Por isso, correntes entre 0.1 e 0.2 A são mais mortais do que correntes mais intensas. A intensidade de corrente que passa por uma vítima é geralmente determinada pela resistência da pele que vai de cerca de 1000 Ω para peles molhadas até 500 000 Ω para peles secas. A resistência interna é menor do que a da pele, estando compreendida entre 100 e 500 Ω . Para voltagens superiores a cerca de 240 V, geralmente resulta a perfuração da pele pela corrente."

O Grande Circo da Física (Walker, 1975, pp. 463–464).

3.1. Caraterísticas voltagem-corrente

A potência elétrica dissipada num dispositivo (por exemplo, numa lâmpada) é igual ao produto da diferença de potencial entre os extremos do elemento pela corrente que o percorre: $P = I\Delta V$. Duas lâmpadas diferentes podem dissipar diferentes potências, quando são ligadas à mesma voltagem. Por exemplo, existem lâmpadas pequenas, de 12V, com potências de 1 W e de 2 W; isso indica que para o mesmo valor da diferença de potencial, a corrente na lâmpada de 2 W é o dobro da corrente na lâmpada de 1 W.

Cada dispositivo tem uma curva caraterística que mostra os valores resultantes da corrente, I , para diferentes valores da diferença de potencial, ΔV . A figura 3.1 mostra algumas dessas curvas caraterísticas para três elementos diferentes.

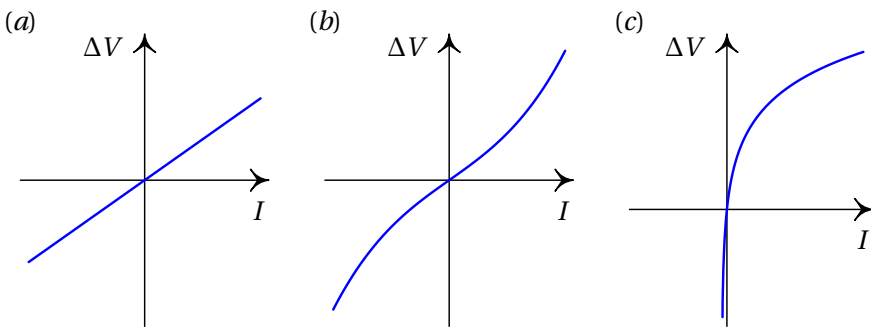


Figura 3.1.: Caraterísticas voltagem-corrente de três dispositivos diferentes.

3.2. Lei de Ohm

Em alguns condutores (o caso *a* na figura 3.1), designados de **ohmicos**, a curva caraterística é uma reta que passa pela origem. Essa relação linear entre I e ΔV expressa-se matematicamente pela **Lei de Ohm**:

$$\boxed{\Delta V = RI} \quad (3.1)$$

onde R é uma constante chamada **resistência**, que corresponde ao declive da caraterística voltagem-corrente. Um condutor ohmico designa-se

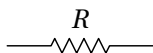


Figura 3.2.: Símbolo de resistência num circuito.

simplesmente por resistência. A figura 3.2 mostra o símbolo usado para representar uma resistência nos circuitos.

Nos elementos não ohmicos (b e c na figura 3.1) pode também definir-se a resistência R pela relação $\Delta V/I$, mas observe-se que nesses casos R não é constante e também não é o declive da caraterística voltagem-corrente, mas sim o declive de uma reta que passa pelo respetivo ponto e pela origem.

No sistema internacional, a unidade usada para medir a resistência é o ohm representado pela letra grega Ω (ómega maiúsculo). Uma resistência de 1 ohm é uma resistência em que uma voltagem de 1 volt produz uma corrente de 1 ampere:

$$1 \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}} \quad (3.2)$$

Usando a lei de Ohm, a potência dissipada por efeito Joule numa resistência ($P = I \Delta V$) pode ser escrita em função do valor da resistência:

$$P = R I^2 = \frac{\Delta V^2}{R} \quad (3.3)$$

a potência dissipada pelo dispositivo depende da voltagem à que for ligado. A potência nominal, indicada pelo fabricante, é a potência que dissipa quando for ligado à diferença de potencial recomendada pelo fabricante. Comparando dispositivos com a mesma voltagem nominal, quanto maior a potencia nominal, menor será a resistência do dispositivo.

3.3. Caraterística de uma bateria

No modo normal de funcionamento das baterias ou pilhas, em que a corrente entra na bateria pelo elétrodo negativo e sai pelo elétrodo positivo, a energia elétrica das cargas de condução aumenta quando passam pela bateria; ou seja, a bateria fornece energia elétrica e diz-se que funciona como **gerador**. As reações químicas no eletrólito fornecem potência elétrica εI . Uma parte dessa potência é dissipada em calor dentro da própria bateria, devido à passagem das cargas pelos elétrodos e pelo eletrólito. Se os elétrodos e o eletrólito são condutores ohmicos, com resistência total



Figura 3.3.: Cada eletrodoméstico tem uma potência elétrica nominal.

r , a potência dissipada em calor dentro da bateria é $r I^2$ e, assim sendo, a potência fornecida pela bateria ao dispositivo ligado entre os elétrodos é $\varepsilon I - r I^2$. Como essa potência fornecida ao dispositivo é igual a $I \Delta V$, obtém-se então a expressão da caraterística da bateria, no modo normal em que fornece energia a um dispositivo:

$$\Delta V_{\text{gerador}} = \varepsilon - r I \quad (3.4)$$

A figura 3.4 mostra a caraterística do gerador. A ordenada na origem é o valor da f.e.m. e o valor absoluto do declive é a **resistência interna** da bateria, r . A corrente $I_0 = \varepsilon / r$ é a corrente máxima que pode fornecer a bateria, quando for ligada em **curto-circuito** (diferença de potencial ΔV nula entre os elétrodos).

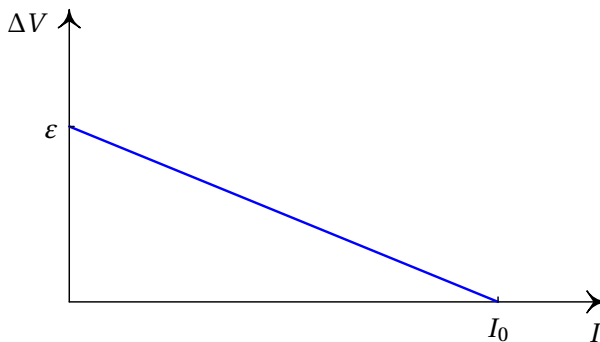


Figura 3.4.: Caraterística voltagem-corrente de uma bateria.

Nas baterias recarregáveis, o sentido normal da corrente pode ser invertido,

ligando outra fonte externa com f.e.m. maior que a da bateria e contrariando a sua polaridade. Nesse caso, a corrente entra na bateria pelo elétrodo positivo e sai pelo elétrodo negativo. As cargas de condução perdem energia elétrica durante a sua passagem pela bateria. A bateria está então a absorver potência elétrica $I \Delta V$, que está a ser fornecida pela fonte externa. A bateria passa a funcionar como **recetor**. Uma parte dessa potência absorvida é usada para inverter as reações químicas no eletrólito, aumentando o número de cátions e aniões; essa parte é igual εI . A outra parte da potência absorvida pela bateria é dissipada em calor na resistência interna e é igual a $r I^2$. Como tal, a caraterística da bateria, no modo recetor, é

$$\boxed{\Delta V_{\text{recetor}} = \varepsilon + r I} \quad (3.5)$$

A figura 3.5 mostra as caraterísticas da bateria nos dois modos de funcionamento. Nos dois casos, o valor absoluto do declive é igual à resistência interna r . A voltagem da bateria só é igual ao valor da sua f.e.m. quando a bateria não está ligada a nenhum dispositivo (corrente nula). Quando a bateria é ligada a um dispositivo, passando corrente através dela, a voltagem da bateria é maior que a f.e.m. no modo de recetor e menor que a f.e.m. no modo de gerador. No modo de gerador, quando a bateria está em curto-circuito (ligam-se os dois terminais da bateria entre si), a voltagem diminui para zero, e toda a energia fornecida pelas reações químicas é dissipada em calor dentro da própria bateria, descarregando-se totalmente, se antes não se queimar pelo calor dissipado.

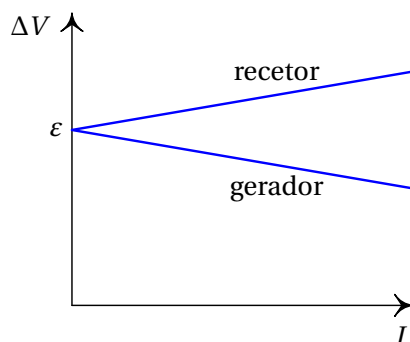


Figura 3.5.: Caraterísticas de uma bateria recarregável nos dois modos de operação.

O diagrama de circuito correspondente deve incluir uma f.e.m. ligada em série a uma resistência r . Tal como foi referido no capítulo anterior, a barra

mais comprida na f.e.m. representa o eletrodo positivo e a barra mais curta o eletrodo negativo. A figura 3.6 mostra os diagrama de circuito de uma bateria quando está a fornecer energia a um dispositivo (gerador) e da mesma bateria quando está a ser recarregada (recetor) por uma fonte externa. A letra A indica o ânodo e a letra C o cátodo. Por definição, o cátodo é o terminal para onde se deslocam os catiões e o o ânodo o terminal para onde se deslocam os aniões. O sentido da corrente indica o sentido do deslocamento do catiões, ou seja que a corrente vai sempre do ânodo para o cátodo. Como o sentido da corrente é oposto nos dois casos, o cátodo e o ânodo invertem-se nos dois modos de operação.

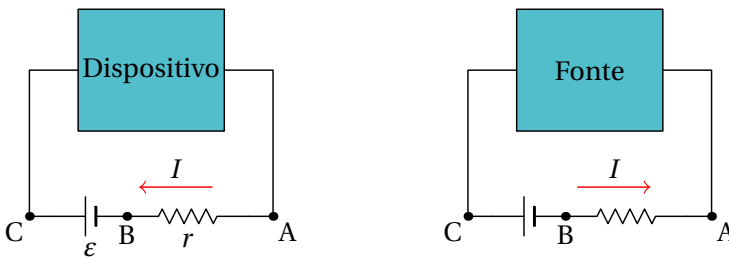


Figura 3.6.: Bateria recarregável operando como gerador ou recetor.

No modo de gerador, a bateria fornece energia ao dispositivo e a carga no eletrólito diminui. O sentido da corrente mostra que o potencial do ponto A é maior do que o do ponto B (figura 3.6); como o potencial de C também é maior que o de B, a voltagem da bateria ($V_C - V_A$) é o valor da f.e.m. menos a diferença de potencial em r , obtendo-se a equação 3.4. No modo recetor, a bateria absorve energia da fonte externa e a carga no eletrólito aumenta. O sentido da corrente indica que V_B é maior que V_C e como o potencial de A é maior que o de B, a voltagem da bateria ($V_A - V_C$) é o valor da f.e.m. mais a diferença de potencial em r , obtendo-se a equação 3.5.

3.4. Código de cores para resistências

As resistências usadas comumente nos circuitos eletrônicos são pequenos cilindros de carbono, com um isolamento cerâmico. No circuito da figura 3.7 todos os cilindros com riscas de cores são resistências. Usam-se 4 riscas de cores para indicar o valor da resistência.

A correspondência entre cores e algarismos é dada na tabela 3.1. Três

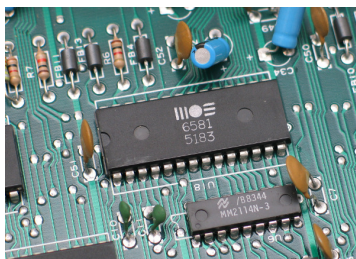


Figura 3.7.: Circuito impresso (PCB) incluindo algumas resistências.

das riscas estão mais próximas umas das outras; as duas primeiras dessas riscas, contadas a partir do extremo mais próximo do cilindro, representam os dois algarismos de um número inteiro entre 0 e 99. A terceira risca indica a ordem de grandeza desse número, em ohms, usando a mesma relação entre cores e algarismos da tabela acima. A quarta risca, mais afastada das outras três, representa a tolerância (erro relativo) no valor indicado para a resistência.

Tabela 3.1.: Código de cores para resistências.

Cor	Algarismo	Tolerância
Preto	0	
Castanho	1	1%
Vermelho	2	2%
Laranja	3	
Amarelo	4	
Verde	5	0.5%
Azul	6	0.25%
Roxo	7	0.1%
Cinza	8	0.05%
Branco	9	
Dourado		5%
Prateado		10%
Nenhuma		20%

Por exemplo, se as cores das 3 riscas mais próximas fossem laranja, preta e azul e a quarta risca for prateada, o valor da resistência seria: $30 \times 10^6 \Omega$ ($\pm 3 \times 10^6 \Omega$).

3.5. Resistividade

A resistência de um condutor ohmico resulta das colisões entre as cargas de condução e os átomos ou iões. As cargas de condução são aceleradas pela força eletrostática, mas devido às colisões acabam por se deslocar a uma velocidade média constante. A resistência é determinada pela relação que existir entre a velocidade média atingida e a diferença de potencial (por unidade de comprimento) que produz o movimento. Os fatores que determinam o valor da resistência são: a natureza do material, o tamanho do condutor e a temperatura.

Para estudar a influência do tamanho do condutor, considerem-se dois cilindros condutores idênticos, de comprimento L e área transversal A , cada um com resistência R , ligados em série (figura 3.8).

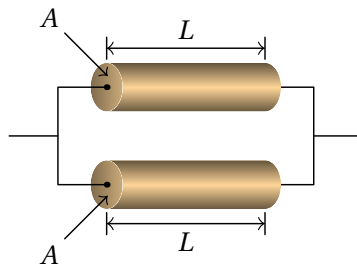


Figura 3.8.: Dois cilindros condutores ligados em série.

A combinação em série é equivalente a um único cilindro de comprimento $2L$ e se a corrente for I , a diferença de potencial será $RI + RI$; a resistência do sistema é então $2R$. A resistência é então diretamente proporcional ao comprimento do condutor.

Se os mesmos dois cilindros condutores fossem ligados em paralelo, como se mostra na figura 3.9, o sistema é agora equivalente a um único condutor de comprimento L e área transversal $2A$. Neste caso, a diferença de potencial é igual em ambos cilindros (ΔV), a corrente em cada cilindro é $\Delta V/R$ e a corrente total é $2\Delta V/R$, que corresponde à corrente num sistema com resistência $R/2$. Ou seja, duplicando a área transversal, a resistência diminui a metade, o que significa que a resistência é inversamente proporcional à área da secção transversal do condutor.

Resumindo, a resistência de um condutor com comprimento L e área

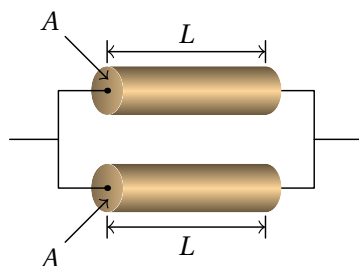


Figura 3.9.: Dois cilindros condutores ligados em paralelo.

transversal A pode ser expressa como

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.6)$$

onde a constante de proporcionalidade, ρ , é a **resistividade** do material, que depende da natureza do material e da temperatura. Nos condutores ôhmicos, a resistência aumenta com a temperatura, de modo quase linear (ver figura 3.10), para temperaturas afastadas do zero absoluto ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$).

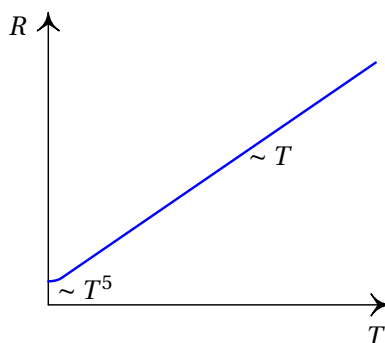


Figura 3.10.: Variação da resistência de um condutor em função da temperatura absoluta.

A expressão obtida de forma empírica para a resistência de um condutor em função da temperatura é então

$$R = R_{20} (1 + \alpha_{20}(T - 20)) \quad (3.7)$$

onde R_{20} é a resistência a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, α_{20} é o **coeficiente de temperatura** e T é a temperatura em graus Celsius. Cada material tem um coeficiente de

temperatura próprio que é medido experimentalmente. Note-se que o declive da reta na figura 3.10 é o produto $R_{20} \alpha_{20}$ e, como tal, apesar do declive ser quase constante, o valor da constante α depende da temperatura. A tabela 3.2 mostra os valores da resistividade e do coeficiente de temperatura de alguns materiais a 20 °C. A grafite, que é um semicondutor, tem um coeficiente de temperatura negativo, o que quer dizer que a 20 °C a sua resistência diminui quando a temperatura aumenta.

Tabela 3.2.: Resistividade e coeficiente de temperatura de alguns materiais, a 20 °C.

Material	ρ_{20} (nΩ·m)	α_{20} (°C ⁻¹)
Prata	16	0.0038
Cobre	17	0.0039
Alumínio	28	0.0039
Tungsténio	55	0.0045
Ferro	100	0.0050
Chumbo	220	0.0043
Níquel-crómio	1000	0.0004
Grafite	35000	-0.0005

Exemplo 3.1

Um fio de cobre de raio 0.0815 cm e comprimento de 40 cm transporta uma corrente de 1 A. Calcule o campo elétrico dentro do fio e a diferença de potencial nos extremos, quando a temperatura for de 30 °C.

Resolução. Usando o valor de ρ_{20} para o cobre (tabela 3.2), a resistência a 20 °C é:

$$R_{20} = \frac{\rho_{20} L}{A} = \frac{17 \times 10^{-9} \times 0.4}{\pi (0.000815)^2} = 3.259 \text{ m}\Omega$$

e usando o valor de α_{20} do cobre na equação 3.7, obtém-se:

$$R(30 \text{ °C}) = 3.259 (1 + 0.0039 \times (30 - 20)) = 3.386 \text{ m}\Omega$$

A diferença de potencial obtém-se a partir da lei de Ohm:

$$\Delta V = I R = 3.386 \text{ mV}$$

Como a secção transversal do fio é constante, o módulo do campo elétrico também deve ser constante e, portanto, pode ser calculado através da expressão para o campo elétrico médio

$$E = \frac{\Delta V}{\Delta s} = \frac{3.386}{0.4} = 8.465 \frac{\text{mV}}{\text{m}}$$

3.6. Supercondutividade

Em 1911, o físico holandês Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926) descobriu que a resistividade de alguns condutores diminui drasticamente quando a temperatura se aproxima do zero absoluto (-273°C). O gráfico da figura 3.11 mostra os valores da resistividade do mercúrio, medidos por Onnes perto dos 4 Kelvin (-269°C),

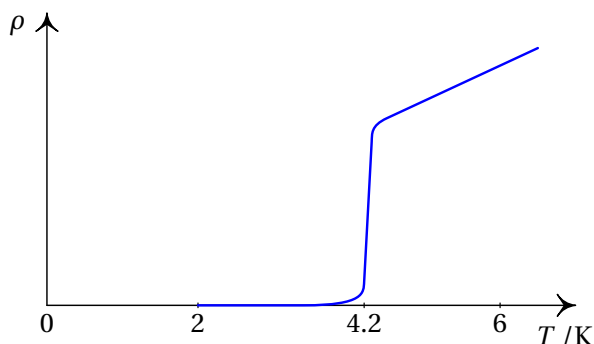


Figura 3.11.: Resistividade do mercúrio a baixas temperaturas.

Abaixo da **temperatura crítica** (4.2 K no caso do mercúrio) a resistividade dos supercondutores diminui dum fator de aproximadamente 10^{12} , tornando-se praticamente nula. Isso implica a possibilidade de manter uma corrente a circular no supercondutor, durante alguns anos, sem existirem fontes de voltagem!

Nas experiências de **levitação magnética** coloca-se um ímã sobre um material supercondutor (ver figura 3.12). O ímã induz no supercondutor correntes elétricas que produzem um campo magnético oposto ao campo do ímã; em condições normais, essas correntes desaparecem rapidamente devido a efeitos dissipativos no supercondutor. No entanto, se o sistema for arrefecido até uma temperatura inferior à temperatura crítica

do supercondutor, as correntes persistem e o disco eleva-se no ar devido à repulsão magnética (efeito Meissner).



Figura 3.12.: Levitação magnética de um íman cúbico sobre um disco de material supercondutor.

Essas experiências têm a dificuldade de não ser fácil atingir temperaturas tão baixas e mantê-las durante algum tempo. Mas hoje em dia já há materiais com temperaturas críticas muito mais elevadas, embora ainda na ordem dos $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

O princípio da levitação magnética já está a ser aplicado comercialmente nos comboios **maglev** em Xangai e no Japão (ver figura 3.13). O comboio possui barras supercondutoras em vez de rodas e os carris são substituídos por uma calha onde vários eletro-ímanes produzem campos magnéticos no momento em que o comboio passa perto deles. O campo magnético é usado para produzir a força vertical que faz o comboio levitar, bem como forças horizontais para fazer acelerar ou travar o comboio.

Num comboio tradicional existem dois tipos de atrito nas rodas: atrito estático entre a superfície das rodas e os carris e atrito cinético nos eixos das rodas. Quando são aplicados os travões, a força de atrito estático é oposta à velocidade, mas no resto da viagem aponta no mesmo sentido da velocidade (ou é nula), sendo a força propulsora que permite manter o comboio em movimento; como tal, a força de travagem e a força propulsora estão limitadas ao valor máximo da força de atrito estático, que depende do peso do comboio e do estado dos carris. O atrito cinético é sempre uma força dissipativa que diminui a energia mecânica aquecendo as peças em contacto.



Figura 3.13.: O comboio maglev de Xangai.

A levitação magnética permite eliminar as rodas com várias vantagens: as forças propulsoras e de travagem podem ser muito superiores do que nos comboios tradicionais, por não estarem limitadas à força de atrito estático máximo e a eliminação do atrito cinético conduz a uma dissipação de energia mecânica muito inferior do que nos comboios tradicionais (ainda existe a força dissipativa da resistência do ar). Esse tipo de comboios podem alcançar velocidades superiores a 500 km/h.

3.7. Associações de resistências

A característica voltagem-corrente de um conjunto de várias resistências tem sempre o aspeto da característica de uma única resistência; nomeadamente, é uma reta que passa pela origem. O declive dessa reta é a resistência equivalente. Podem-se usar algumas regras simples para calcular a resistência equivalente, quando as resistências estão ligadas em série ou em paralelo.

Duas resistências estão ligadas em série, quando uma estiver a seguir à outra, sem nenhum outro elemento de circuito no meio, como se mostra na figura 3.14.

Nesse caso, a corrente é a mesma nas duas resistências e a diferença de potencial no sistema é a soma das diferenças de potencial em cada resistência:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 = (R_1 + R_2) I \quad (3.8)$$

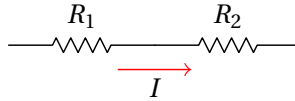


Figura 3.14.: Duas resistências ligadas em série.

Como tal, o sistema é equivalente a uma única resistência R_s com valor igual à soma das duas resistências.

$$\boxed{R_s = R_1 + R_2} \quad (3.9)$$

Diz-se que duas resistências estão ligadas em paralelo, se os dois terminais de ambas as resistências estiverem ligados entre os mesmos pontos, como na figura 3.15.

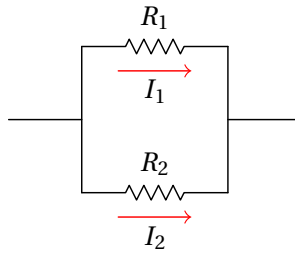


Figura 3.15.: Duas resistências em paralelo.

A diferença de potencial é a mesma nas duas resistências em paralelo e a corrente no sistema é a soma das correntes em cada resistência:

$$I = I_1 + I_2 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Delta V \quad (3.10)$$

O sistema é então equivalente a uma única resistência R_p que verifica a equação

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (3.11)$$

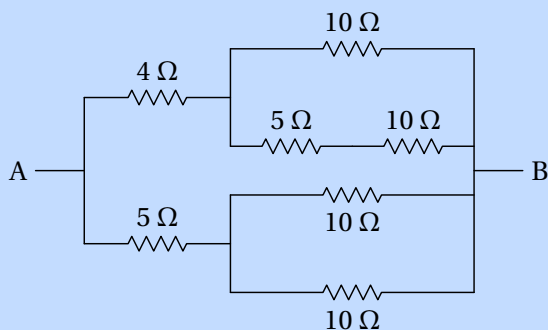
Esta equação pode ser escrita também na forma seguinte:

$$\boxed{R_p = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \quad (3.12)$$

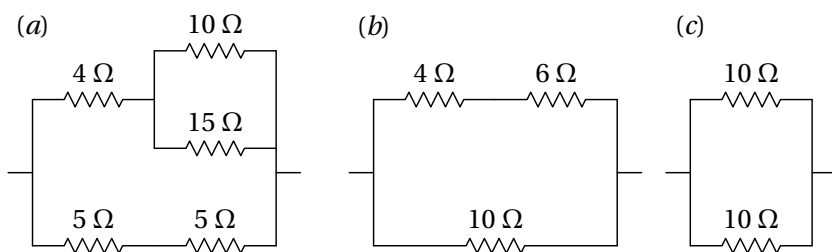
onde foi introduzida a notação $R_1 \parallel R_2$ que quer dizer “ R_1 em paralelo com R_2 ”. É possível simplificar alguns sistemas com várias resistências, substituindo sucessivamente as resistências que se encontram em série ou em paralelo por uma resistência equivalente, até obter uma única resistência equivalente.

Exemplo 3.2

No circuito da figura, calcule a corrente através de cada uma das resistências, para uma diferença de potencial $V_A - V_B$ igual a 12 V.



Resolução. Substituindo sucessivamente as resistências ligadas em série ou em paralelo, pode simplificar-se o circuito entre A e B em 3 passos:



Note-se que não é necessário reduzir o circuito até ficar com uma única resistência equivalente, pois no passo (c) já se podem calcular as correntes correspondentes a uma diferença de potencial de 12 V em cada resistência; será $12/10 = 1.2$ A através de cada uma delas.

Uma vez calculadas as correntes e diferenças de potencial em (c), pode-se resolver o circuito da figura (b): nas 3 resistências a corrente é neste caso igual a 1.2 A, pelo que a diferença de potencial na resistência de 6Ω é $6 \times 1.2 = 7.2$ V.

A seguir procede-se a analisar o circuito da figura (a); a corrente nas resistências de 4Ω e 5Ω é calculada em (b), nomeadamente, 1.2 A . Nas resistências de 10Ω e 15Ω a diferença de potencial é 7.2 V , conforme cálculo feito para a resistência equivalente em paralelo. As correntes nessas duas resistências são então:

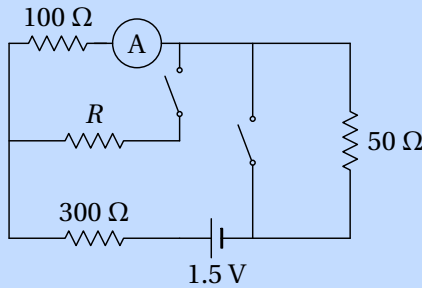
$$I_{10} = 7.2/10 = 0.72 \text{ A} \quad I_{15} = 7.2/15 = 0.48 \text{ A}$$

Finalmente, no circuito original, a corrente na série de resistências de 5Ω e 10Ω é igual a I_{15} , enquanto a corrente nas duas resistências de 10Ω em paralelo é distribuída por igual, passando 0.6 A por cada resistência.

Resumindo, no ponto A entra uma corrente total de 2.4 A , passando 1.2 A pelas resistências de 4Ω e 5Ω . Ao ponto B chegam quatro correntes: uma corrente de 0.72 A da resistência de 10Ω na parte superior, uma corrente de 0.48 A que percorre as resistências de 10Ω e 5Ω em série e duas correntes de 0.6 A que passam por cada uma das resistências de 10Ω em paralelo. A corrente total que sai em B é 2.4 A .

Exemplo 3.3

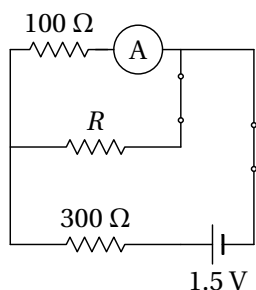
No circuito representado pelo diagrama da figura, a leitura do amperímetro é a mesma quando os dois interruptores estão abertos e quando os dois estão fechados. Calcule a resistência R .



Resolução. Quando os dois interruptores estão abertos, não passa nenhuma corrente pela resistência R e as 3 resistências de 300Ω , 100Ω e 50Ω estão em série, porque por elas passa a mesma corrente. Assim, a resistência equivalente é 450Ω e a corrente medida no amperímetro é:

$$I_1 = \frac{1.5}{450} = \frac{1}{300} \text{ A}$$

Quando os dois interruptores estão fechados, não passa nenhuma corrente pela resistência de 50Ω e o circuito equivalente é:



Como a leitura do amperímetro é idêntica ao caso anterior, a corrente que passa pela resistência de 100Ω é também I_1 e, portanto, a diferença de potencial nas resistências de 100Ω e R é:

$$\Delta V_1 = 100 I_1 = \frac{100}{300} = \frac{1}{3} \text{ V}$$

A diferença de potencial e a corrente na resistência de 300Ω são:

$$\Delta V_2 = 1.5 - \Delta V_1 = \frac{3}{2} - \frac{1}{3} = \frac{7}{6} \text{ V} \quad I_2 = \frac{\Delta V_2}{300} = \frac{7}{1800} \text{ A}$$

A corrente que passa por R é então:

$$I_3 = I_2 - I_1 = \frac{7}{1800} - \frac{1}{300} = \frac{1}{1800} \text{ A}$$

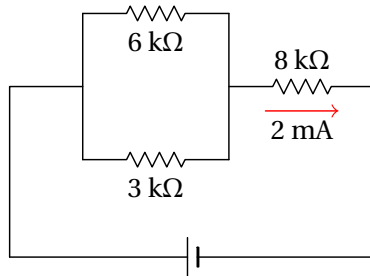
e, finalmente, o valor de R é:

$$R = \frac{\Delta V_1}{I_3} = \frac{1800}{3} = 600 \Omega$$

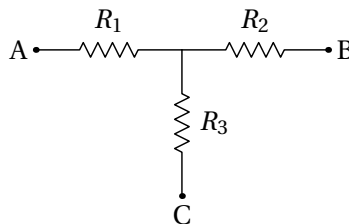
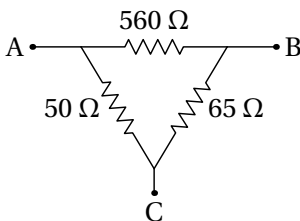
Perguntas

1. A resistência de um condutor metálico é igual a $6.5 \text{ k}\Omega$, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Quando a temperatura aumenta para $60 \text{ }^\circ\text{C}$, a resistência aumenta para $8 \text{ k}\Omega$. Calcule o valor do coeficiente de temperatura, α_{20} (todas as respostas estão em unidades de $^\circ\text{C}^{-1}$)
 - A. 0.0049
 - B. 0.0058
 - C. 0.0250
 - D. 0.0115
 - E. 0.0038
2. Aplica-se a mesma diferença de potencial a dois cabos diferentes. O cabo A transporta duas vezes mais corrente do que o cabo B. Se a resistência do cabo B for R , qual será a resistência do cabo A?
 - A. R
 - B. $2R$
 - C. $R/2$
 - D. $4R$
 - E. $R/4$
3. Dois fios de cobre 1 e 2 têm o mesmo volume, mas o fio 2 é 20% mais comprido que o fio 1. A razão entre as resistências dos dois fios, R_2/R_1 , é igual a:
 - A. 1.20
 - B. 0.83
 - C. 1.11
 - D. 0.91
 - E. 1.44
4. Duas lâmpadas importadas da América do Sul têm as especificações 110 V , 75 W . As duas lâmpadas foram ligadas em série na rede elétrica portuguesa com 220 V . Qual das seguintes lâmpadas produz a mesma intensidade luminosa, quando forem ligadas a 220 V ?
 - A. 220 V , 75 W
 - B. 110 V , 150 W
 - C. 220 V , 150 W
 - D. 110 V , 75 W
 - E. 55 V , 150 W

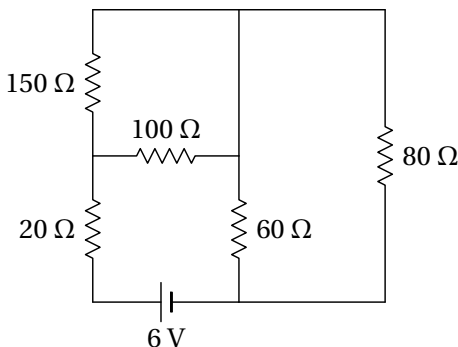
6. No circuito representado na figura, foi medida a corrente na resistência de $8\text{ k}\Omega$ e obteve-se o valor de 2 mA . Use esses dados para calcular o valor da f.e.m. e a diferença de potencial em cada resistência.



7. Uma bateria tem f.e.m. ε e resistência interna r .
- Determine o valor da resistência R de um circuito que, quando for ligado a essa bateria, consiga absorver a máxima potência possível.
 - Calcule o valor da potência máxima que a bateria pode fornecer a um circuito, em função de ε e r .
 - Numa fonte de alimentação de um PC, entre os cabos vermelho e preto há uma f.e.m. de 5 V ; numa fonte de 400 W , a potência máxima entre esses cabos é de 125 W . Calcule a resistência interna entre esses cabos.
 - Na alínea anterior, que vantagem haveria em usar uma fonte com maior potência máxima?
8. O circuito do lado esquerdo na figura, com três terminais, vai ser substituído pelo circuito equivalente do lado direito. Calcule os valores que deverão ter R_1 , R_2 , e R_3 (sugestão: no circuito do lado esquerdo, determine os valores das resistências entre os pontos AB, AC e BC; iguale cada um desses resultados às 3 expressões para essas resistências, no circuito do lado direito, em função das 3 variáveis R_1 , R_2 e R_3 . Resolva o sistema de 3 equações com 3 variáveis). Diz-se que as 3 resistências estão ligadas em delta, no circuito do lado esquerdo, e em estrela, no circuito do lado direito.



9. Um fio condutor de cobre de 1.29 mm de diâmetro e revestido a borracha pode suportar, com segurança, uma corrente máxima de 6 A. (a) Qual é a diferença de potencial que pode ser aplicada a 40 m deste fio? (admita temperatura ambiente, igual a 20 °C.) (b) Calcule a potência dissipada no fio quando a corrente for 6 A.
10. Um fio de níquel-crômio de 1.8 mm de diâmetro vai ser usado como aquecedor numa caldeira de água que produz 8 g de vapor de água por segundo. A fonte de alimentação fornece voltagem contínua de 220 V. Calcule o comprimento que deve ter o fio. (O calor de evaporação da água é 2257.2 J/g, e use 100 °C para a temperatura de ebulição da água.)
11. Um fio de cobre e um de tungstênio, têm o mesmo diâmetro de 0.1 mm. O fio de cobre tem 32 cm de comprimento e o de tungstênio 10 cm. Calcule a temperatura para a qual a resistência dos dois fios é igual.
12. No circuito da figura, determine a potência dissipada em cada resistência e a potência fornecida pela f.e.m. Verifique que a potência fornecida pela f.e.m. é igual à soma das potências dissipadas em todas as resistências.



Respostas

Perguntas: 1. B. 2. C. 3. E. 4. C. 5. A.

Problemas

1. $24.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ou seja, a temperatura final é $36.8\text{ }^{\circ}\text{C}$).
2. $1.2\ \Omega$.
3. (a) $1.5\ \Omega$. (b) $9\ \text{V}$.
4. $7.5\ \text{A}$ e $11.25\ \text{W}$.
5. Quando a lâmpada está acesa, a temperatura do filamento de tungstênio é muito mais elevada do que a temperatura ambiente e, portanto, a resistência também é muito mais elevada. A temperatura do filamento é da ordem de $2812\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. $\varepsilon = 20\ \text{V}$. Nas resistências de $3\ \text{k}\Omega$ e $6\ \text{k}\Omega$, $\Delta V = 4\ \text{V}$; na resistência de $8\ \text{k}\Omega$, $\Delta V = 16\ \text{V}$.
7. (a) $R = r$. (b) $\varepsilon^2/(4r)$. (c) $0.05\ \Omega$. (d) Reduz-se a diminuição da diferença de potencial quando a corrente aumenta.
8. $R_1 = 41.48\ \Omega$, $R_2 = 53.93\ \Omega$, $R_3 = 4.81\ \Omega$.
9. (a) $3.12\ \text{V}$ (b) $18.7\ \text{W}$
10. $6.6\ \text{m}$
11. $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
12. Na resistência de $20\ \Omega$, $55.1\ \text{mW}$. Na resistência de $100\ \Omega$, $99.2\ \text{mW}$. Na resistência de $150\ \Omega$, $66.2\ \text{mW}$. Na resistência de $60\ \Omega$, $54.0\ \text{mW}$. Na resistência de $80\ \Omega$, $40.5\ \text{mW}$. A f.e.m. fornece $315\ \text{mW}$.