

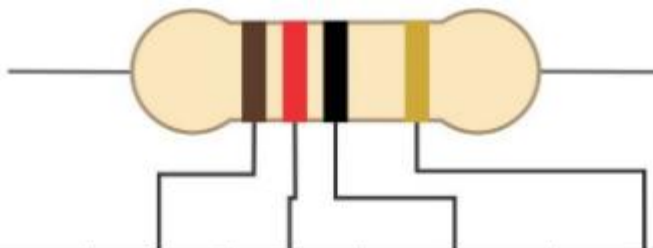
Resistores são dispositivos elétricos que tem como finalidade básica transformar energia elétrica em calor. Em circuitos eletrônicos são usados para mudar os valores da tensão, quando ligados em série ou da corrente elétrica, quando ligados em paralelo. São representados por um dos símbolos abaixo:



Os componentes reais são apresentados a seguir:



Os resistores reais acima, apresentam pequenas faixas em seu corpo. Cada uma dessas faixas representa um código que deve ser interpretado seguindo-se a tabela de cores abaixo:



Cor	1ª faixa	2ª faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	x 1Ω	
Marrom	1	1	x 10Ω	±1%
Vermelho	2	2	x 100Ω	±2%
Laranja	3	3	x 1kΩ	
Amarelo	4	4	x 10kΩ	
Verde	5	5	x 100kΩ	±0,5%
Azul	6	6	x 1MΩ	±0,25%
Violeta	7	7	x 10MΩ	±0,1%
Cinza	8	8		±0,05%
Branco	9	9		
Dourado			x 0,1Ω	±5%
Prateado			x 0,01Ω	±10%

Um macete para decorar a tabela acima é memorizar a frase: **A Prefeitura Municipal de Valinhos, lavará amanhã várias avenidas violetas com baldes dourados e prateados.** Onde: Prefeitura =

preto: 0, Municipal = marrom: 1, Valinhos = vermelho: 2, lavarás = laranja: 3, amanhã = amarelo: 4, várias = verde: 5, avenidas = azul: 6, violetas = violeta: 7, com = cinza: 8, baldes = branco: 9.

Segue abaixo alguns resistores com seus respectivos códigos de cores.

Resistor de 220 Ω :	Resistor de 1 k Ω (1000 Ω):	Resistor de 10 k Ω (10.000 Ω):
		
		
$R = 220\Omega \pm 5\%$ (209 Ω a 231 Ω)	$R = 1K\Omega \pm 5\%$ (950 Ω a 1,05K Ω)	$R = 10K\Omega \pm 5\%$ (9,5K Ω a 10,5K Ω)
Número de: Quatro	Número de: Quatro	Número de: Quatro
1ª Faixa: Vermelho (2)	1ª Faixa: Marrom (1)	1ª Faixa: Marrom (1)
2ª Faixa: Vermelho (2)	2ª Faixa: Preto (0)	2ª Faixa: Preto (0)
Multiplicador: Marrom (x10)	Multiplicador: Vermel. (x100)	Multiplicador: Laranja (x1K)
Tolerância: Ouro (5%)	Tolerância: Ouro (5%)	Tolerância: Ouro (5%)

Exemplo: um resistor de resistência elétrica igual a 320 000 ohms, é representado, por quais cores?

Solução:

As cores das faixas 1 e 2 indicam, respectivamente, a dezena e a unidade de um número que deve ser multiplicado pela potência de dez com expoente dado pela cor da faixa 3. A faixa 4 indica a tolerância, fator relativo à qualidade do resistor. Portanto, as cores desse resistor, da esquerda para a direita são: **Laranja, vermelho, amarelo.**

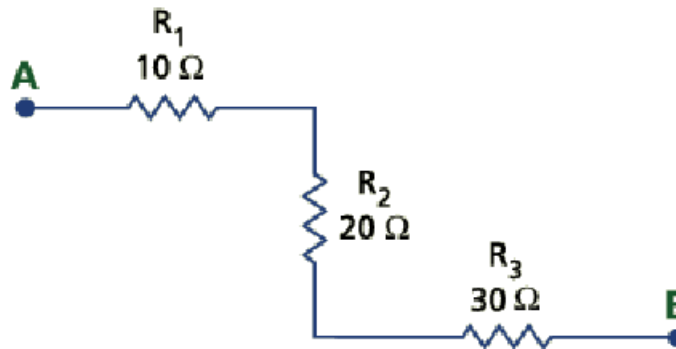
Associação de resistores: em muitas situações práticas, utilizamos vários resistores associados entre si, como por exemplo quando precisamos de uma resistência maior do que a fornecida por um único resistor, ou quando um resistor não suporta a intensidade da corrente que deve atravessá-lo ou ainda quando é conveniente substituir muitos resistores, por um único resistor cuja resistência equivale à do conjunto, nessas situações utilizam-se resistores associados, onde a resistência final dessa associação é comumente denominada resistência total (R_t) ou resistência equivalente (R_{eq}).

Os resistores podem ser associados em série, em paralelo, ou numa combinação de ambas, denominada associação mista.

Associação em série: os resistores estão associados em série, quando são ligados um em seguida do outro, oferecendo um único trajeto para a corrente, ou seja, a mesma corrente passa por todos os resistores, mas a tensão é alterada por cada resistor da associação, é comum associar resistores em série, para diminuir a tensão que irá chegar em um componente eletrônico que funciona com tensão inferior à da fonte (tomada ou bateria). Na associação em série, a resistência equivalente é a soma das várias resistências da ligação.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

Exemplo: calcule a resistência equivalente entre os pontos A e B da figura:

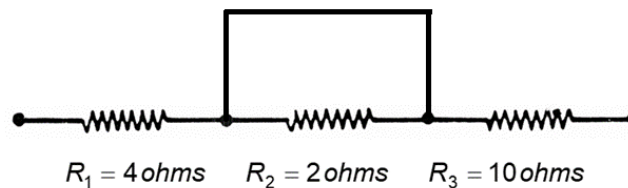


Solução:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 20 + 30 = 60 \, \Omega$$

Curto circuito: se os terminais de um resistor forem ligados por um fio condutor de resistência elétrica desprezível, a d.d.p nos terminais desse resistor torna-se nula. Nesse caso o resistor em questão está em curto-circuito, não sendo atravessado por corrente elétrica. Havendo curto-circuito, toda corrente elétrica do circuito se desvia pelo condutor de resistência nula. Para todos os efeitos práticos, é como se o resistor não estivesse associado no circuito.

Exemplo: calcule a resistência equivalente no circuito abaixo:



Solução:

A corrente elétrica não circula por R2 (é desviada pelo fio condutor), pois a corrente sempre procura pelo caminho mais fácil a percorrer, portanto:

$$R_{eq} = R_1 + R_3 = 4 + 10 = 14 \, \Omega$$

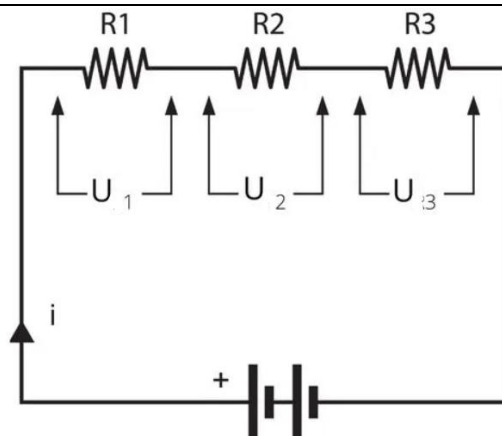
As características do circuito em série de resistores são:

- a intensidade da corrente i é a mesma em todos os resistores (medindo as correntes nas resistências verificamos que a corrente é a mesma em todas as resistências);
- a queda de tensão em cada resistor é **diretamente** proporcional ao valor do resistor;
- a tensão U na associação é igual a soma das tensões em cada resistor (medindo as tensões nas resistências, verifica-se que a tensão da fonte é repartida entre as resistências, ou seja, a soma das quedas de tensão nas resistências é igual à tensão da fonte):

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3 + \dots U_n$$

Exemplos:

1) No circuito abaixo, R_1 causa uma queda de tensão $U_1 = 6 \, V$, R_2 causa uma queda de tensão $U_2 = 30 \, V$ e R_3 causa uma queda de tensão $U_3 = 54 \, V$. Qual a tensão total do circuito?



Solução:

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3$$

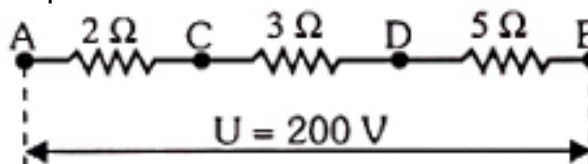
$$U_t = 6 + 30 + 54$$

$$U_t = 90 \text{ V}$$

2) No circuito abaixo, determine:

a) a intensidade da corrente em cada resistor;

b) a queda de tensão provocada por cada resistor.



Solução:

a) Na associação em série, a corrente é a mesma em todo o circuito, assim, para calcular a corrente total, precisamos da resistência total (ou equivalente do circuito), calculada por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 3 + 5 = 10 \Omega$$

Agora calculamos a corrente usando a 1ª lei de Ohm:

$$i = \frac{U}{R} = \frac{200}{10} = 20 \text{ A}$$

b) A corrente é a mesma em cada resistor e a queda de tensão será proporcional a cada resistência, calculada pela 1ª lei de Ohm:

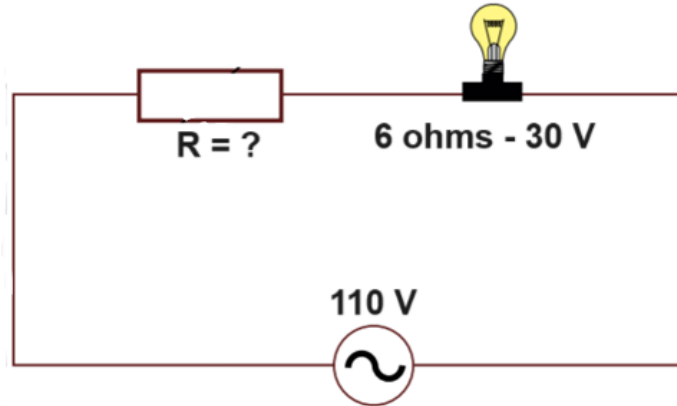
$$U_1 = R_1 \cdot i = 2 \cdot 20 = 40 \text{ V}$$

$$U_2 = R_2 \cdot i = 3 \cdot 20 = 60 \text{ V}$$

$$U_3 = R_3 \cdot i = 5 \cdot 20 = 100 \text{ V}$$

Observe que **$U_t = U_1 + U_2 + U_3$**

3) Uma lâmpada de 30 V tem uma resistência de 6 ohms. Determine o valor do resistor que deve ser colocado em série com a lâmpada, sabendo que a rede elétrica fornece 110 V.



Solução:

Na lâmpada temos:

$$i = \frac{U}{R} = \frac{30}{6} = 5A$$

A lâmpada funciona com 30 V e a tensão da fonte é de 110 V, precisamos que o resistor R cause uma queda de tensão de 80 V (110 – 30) para que a lâmpada não seja danificada. Logo:

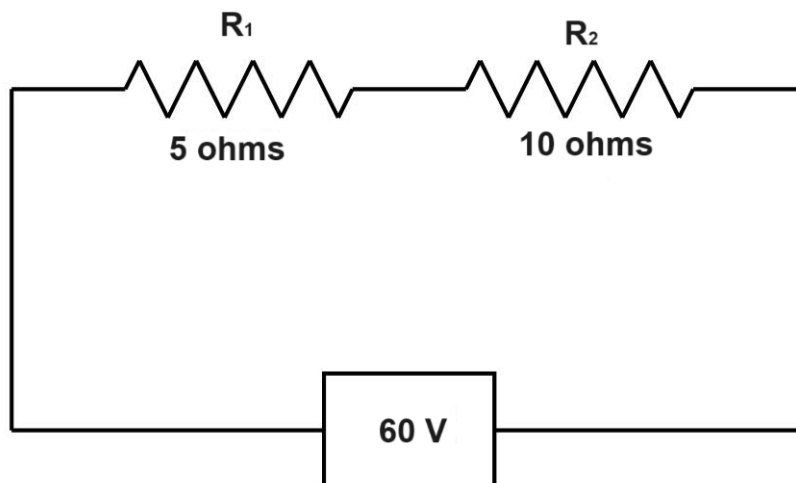
$$R_1 = \frac{U_1}{i} = \frac{80}{5} = 16 \Omega$$

Se ligarmos um resistor de 16 Ω em série com a lâmpada de 30 V, será possível o seu funcionamento numa rede elétrica de 110 V.

Potência na associação em série: para determinarmos a potência dissipada por cada resistor, podemos utilizar a fórmula:

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

Exemplo: no circuito abaixo, calcule as potências dissipadas em R_1 e R_2 e a potência total.



Solução:

$$R_{eq} = 15 \Omega$$

$$i = \frac{U}{R} = \frac{60}{15} = 4 A$$

$$P_1 = i^2 \cdot R_1 = 4^2 \cdot 5 = 80 \text{ W}$$

$$P_2 = i^2 \cdot R_2 = 4^2 \cdot 10 = 160 \text{ W}$$

$$P_t = P_1 + P_2 = 80 + 160 = 240 \text{ W}$$

Conclusão: associação em série é aquela em que a corrente possui um único caminho a seguir no circuito e a tensão da fonte se distribui pelas resistências que compõem o circuito. Neste tipo de associação existe a interdependência entre as resistências. Se uma delas queimar, a corrente não circulará mais.

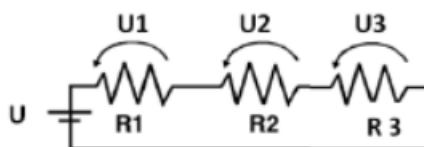
Exercícios da aula:

1) Na associação em série abaixo, calcule a resistência equivalente.

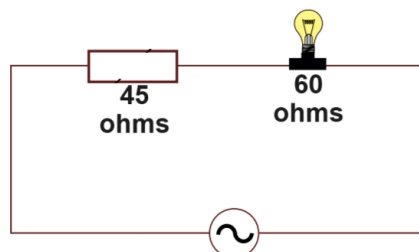


$$R_1 = 4 \text{ ohms} \quad R_2 = 2 \text{ ohms} \quad R_3 = 10 \text{ ohms}$$

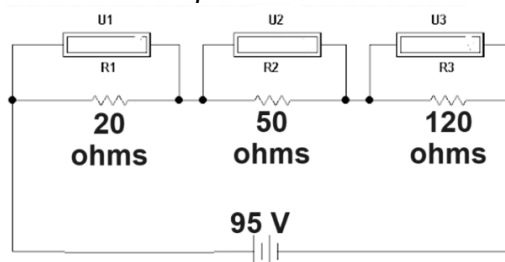
2) No circuito abaixo, as quedas de tensão causadas por cada resistor são: $U_1 = 2 \text{ V}$, $U_2 = 4 \text{ V}$ e $U_3 = 6 \text{ V}$. Qual a tensão total do circuito?



3) Um resistor e uma lâmpada estão ligados em série, conforme circuito abaixo. Qual a tensão necessária através desta associação para produzir uma corrente de 2 A ? *Dica: calcule a resistência equivalente e aplique a 1ª lei de Ohm.*



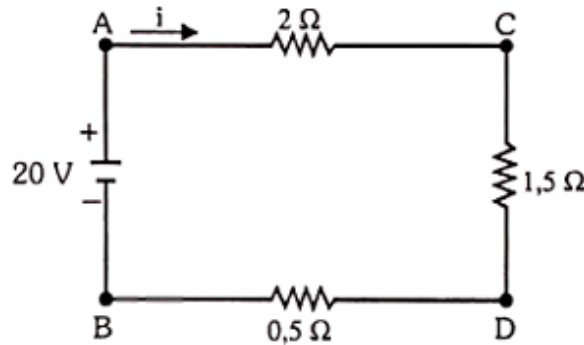
4) Uma bateria de 95 V , está ligada em série com 3 resistores, conforme circuito abaixo. Calcule a tensão nos terminais de cada resistor. *Dica: calcule a resistência equivalente, aplique a 1ª lei de Ohm para calcular a corrente do circuito e depois calcule as quedas de tensão em cada resistor.*



5) Um resistor de 6 ohms está associado em série com outro de 4 ohms , a intensidade da corrente é de 30 A . Calcule a tensão e a potência em cada resistor.

6) No circuito abaixo, calcule:

- a) a intensidade da corrente;
b) a tensão entre os pontos A e C, C e D, D e B.

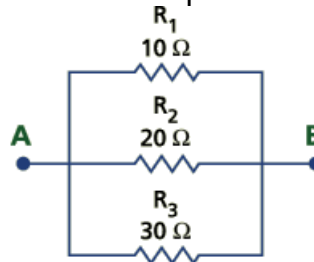


Respostas: 1) $16\ \Omega$ 2) $12\ V$ 3) $210\ V$ 4) $U_1 = 10\ V$ $U_2 = 25\ V$ $U_3 = 60\ V$ 5) $U_1 = 180\ V$ $P_1 = 5400\ W$ $U_2 = 120\ V$ $P_2 = 3600\ W$ 6)a) $5\ A$ b) $U_{AC} = 10\ V$, $U_{CD} = 7,5\ V$ e $U_{DB} = 2,5\ V$.

Associação em paralelo: quando dois ou mais resistores estão ligados através de dois pontos em comum no circuito, de modo a oferecer trajetos diferentes para a corrente, temos um circuito em paralelo. Ou seja, ao entrar numa associação em paralelo, a corrente se divide, fazendo com que cada resistor seja atravessado por uma parte da corrente. Neste circuito todos os resistores estão submetidos à mesma tensão, mas a corrente é alterada por cada resistor da associação. Na associação em paralelo, o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das várias resistências da ligação.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Exemplo: calcule a resistência equivalente entre os pontos A e B da figura:



Solução:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{11}{60} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{60}{11} = 5,45\Omega \end{aligned}$$

Diferente da associação em série, no circuito paralelo, mesmo que ocorra a queima de uma das resistências, as demais não sofrerão interrupção na sua alimentação. Por isso instalamos lâmpadas em paralelo, como por exemplo em nossa sala de aula.

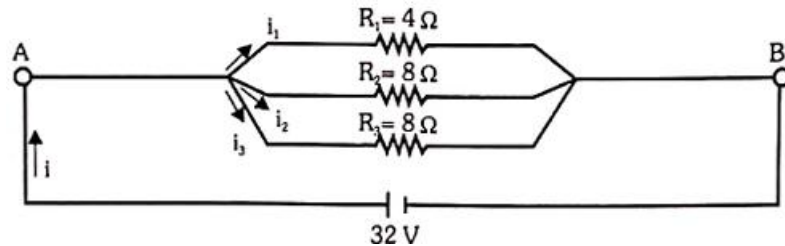
As características do circuito em paralelo de resistores são:

- a tensão U é a mesma em todos os resistores, pois estão ligados aos mesmos terminais da fonte de tensão;
- a queda de corrente em cada resistor é **inversamente** proporcional ao valor do resistor;
- a corrente i na associação é igual a soma das correntes em cada resistor, ou seja:

$$i_t = i_1 + i_2 + i_3 + \dots i_n$$

Exemplo: no circuito abaixo, calcule:

- a resistência total ou equivalente do circuito;
- a intensidade da corrente total do circuito;
- a intensidade da corrente em cada resistor.



Solução:

- A resistência equivalente é calculada por:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8}$$

$$R_{eq} = 2 \Omega$$

- calculamos a corrente usando a 1ª lei de Ohm:

$$i = \frac{U}{R} = \frac{32}{2} = 16A$$

- A tensão é a mesma em cada resistor e a queda de corrente será inversamente proporcional a cada resistência, calculada pela 1ª lei de Ohm:

$$i_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{32}{4} = 8A$$

$$i_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{32}{8} = 4A$$

$$i_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{32}{8} = 4A$$

Observe que $i_t = i_1 + i_2 + i_3$

Comparação entre associações: na associação em série, tudo acontece como se aumentássemos o comprimento da resistência. Portanto, a resistência total aumenta. Já a ligação em paralelo funciona como se aumentássemos a área do condutor. Logo, a resistência dependerá do inverso da área e seu valor diminui. Na associação em **série**, ***Req é sempre maior do que a maior resistência***. E, na associação em **paralelo**, ***Req é sempre menor do que a menor resistência***.

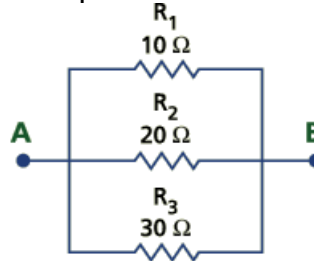
Casos particulares de associação em paralelo: para calcular a resistência equivalente de dois resistores em paralelo, podemos usar a fórmula:

$$Req = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Essa fórmula para dois resistores pode ser empregada para associações com mais de dois resistores. Nesse caso, associam-se inicialmente dois resistores quaisquer. O resistor equivalente é associado com o terceiro resistor, e assim por diante até o último resistor.

Exemplos:

1) Calcule a resistência equivalente entre os pontos A e B da figura:



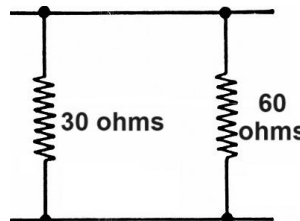
Solução:

$$Req = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = \frac{600}{50} = 12 \Omega$$

Associando 12 Ω com R₁, temos:

$$Req = \frac{12 \cdot 10}{12 + 10} = \frac{120}{22} = 5,45 \Omega$$

2) Usando a fórmula da resistência equivalente para 2 resistores, calcule a resistência equivalente no circuito abaixo:



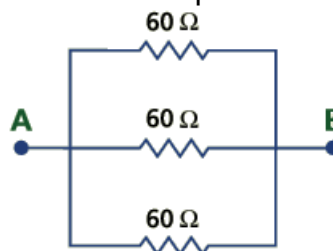
Solução:

$$Req = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = \frac{1800}{90} = 20 \Omega$$

Associação em paralelo de n resistores de mesmo valor: quando todos os resistores têm o mesmo valor, podemos usar a fórmula:

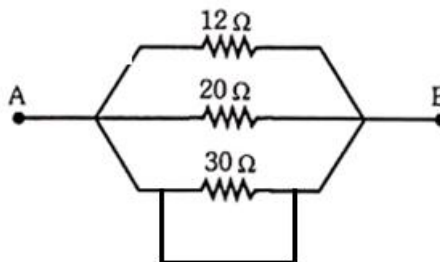
$$Req = \frac{R}{n}$$

Exemplo: calcule a resistência equivalente entre os pontos A e B da figura:



$$Req = \frac{R}{n} = \frac{60}{3} = 20 \Omega$$

Curto circuito: Embora existam 3 resistores no circuito abaixo, os terminais do resistor de $30\ \Omega$ estão em curto-circuito, o que faz com que a corrente desvie, passando somente no fio de resistência desprezível. Assim, não há corrente nesse resistor. Portanto, a resistência equivalente será calculada somente entre os resistores de 12 e 20 ohms.

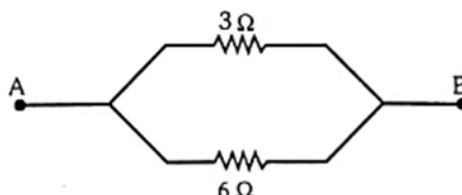


Solução:

$$Req = \frac{12 \cdot 20}{12 + 20} = \frac{240}{32} = 7,5\ \Omega$$

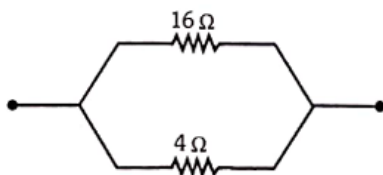
Exercícios da aula:

1) Calcule a resistência equivalente no circuito abaixo:

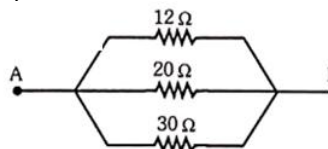


2) Calcule a resistência equivalente das associações:

a)



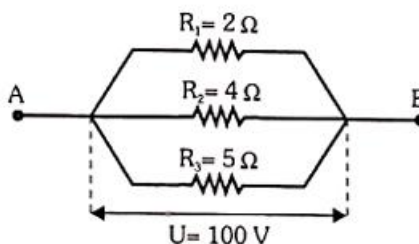
b)



3) Seis resistências, de $24\ \Omega$ cada uma, estão ligadas em paralelo. Determine a resistência equivalente da associação.

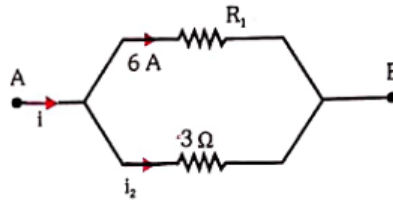
4) No circuito abaixo, calcule:

- a intensidade da corrente total do circuito;
- a intensidade da corrente em cada resistor.



5) Na associação $U_{AB} = 12\text{ V}$. Determine:

- a queda de corrente i_2 ;
- o valor da resistência R_1 .



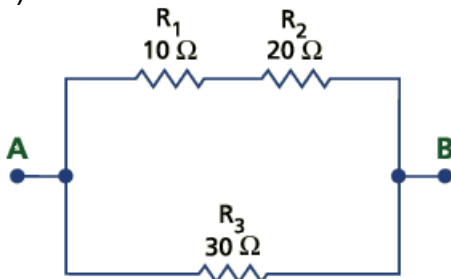
Respostas: 1) 2Ω 2)a) $3,2 \Omega$ b) 6Ω 3) 4Ω 4)a) $95 A$ b) $i_1 = 50 A$, $i_2 = 25 A$ e $i_3 = 20 A$ 5)a) $i_2 = 4 A$ b) $R_1 = 2 \Omega$

Associação mista: é a combinação de duas associações, série e paralelo. Não há uma fórmula específica para resolvê-la, mas diversas estratégias empregando as equações anteriores. Os exemplos a seguir mostram possíveis soluções.

Exemplos:

1) calcule a resistência equivalente entre os pontos A e B das figuras:

a)

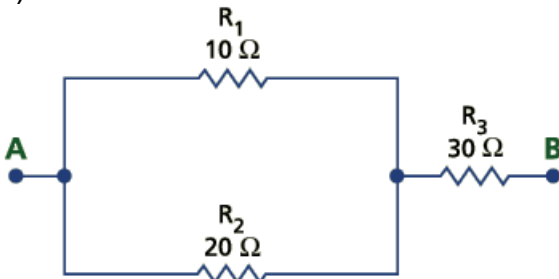


Solução:

Os resistores R_1 e R_2 estão em série, resultando em $R_{eq} = 10 + 20 = 30 \Omega$.

O resistor equivalente de 30Ω está em paralelo com R_3 , resultando em: 15Ω

b)



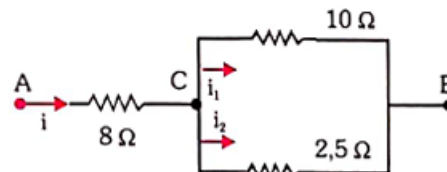
Solução:

R_1 e R_2 estão associados em paralelo, resultando em: $6,67 \Omega$

A resistência equivalente de $6,67 \Omega$ está em série com R_3 , resultando em: $36,67 \Omega$

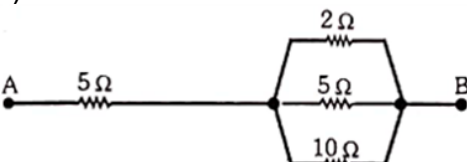
Exercícios da aula:

1) Determine a resistência equivalente do circuito abaixo:

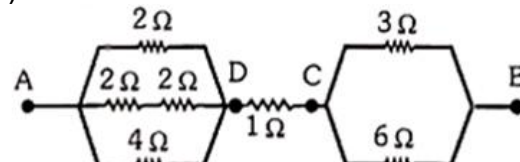


2) Calcule a resistência equivalente entre os pontos A e B das seguintes associações:

a)

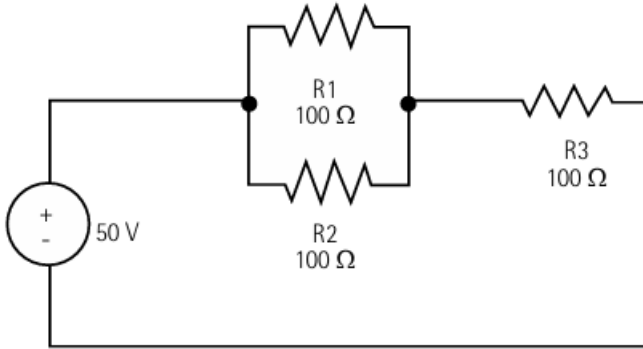


b)

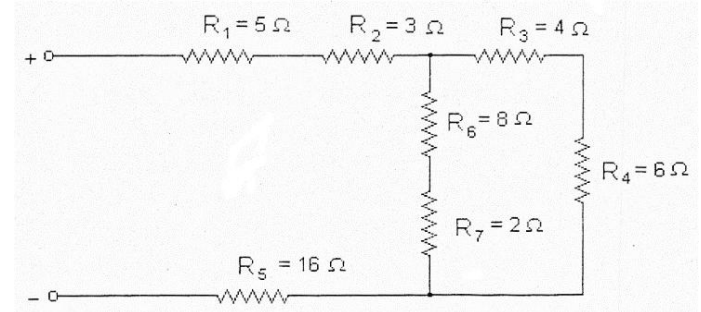


3) Determine a resistência equivalente dos circuitos a seguir:

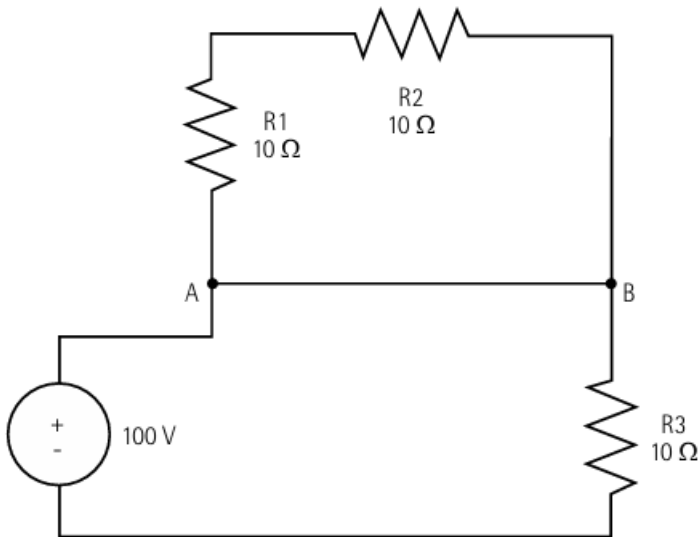
a)



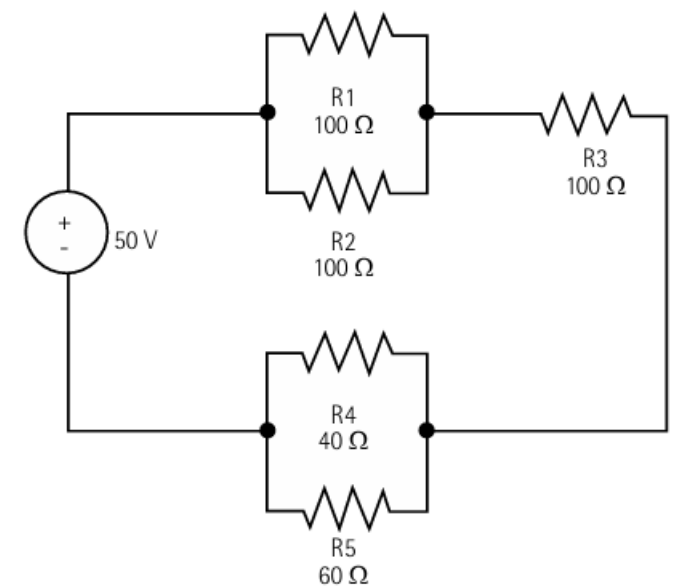
b)



c)



d)

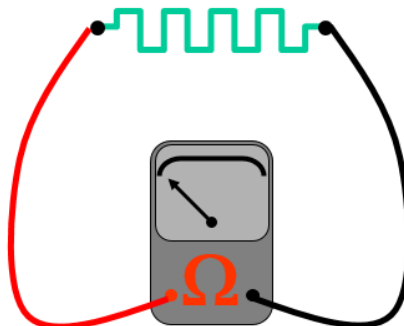


Respostas: 1) $10\ \Omega$ 2)a) $6,25\ \Omega$ b) $4\ \Omega$ 3)a) $150\ \Omega$ b) $29\ \Omega$ c) $10\ \Omega$ d) $174\ \Omega$

Medidores elétricos: os instrumentos de medida em eletricidade, recebem o nome de acordo com a unidade de medida da grandeza mensurada.

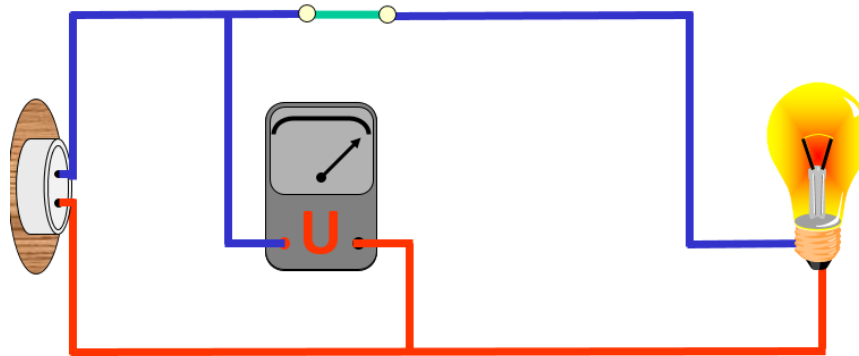
Ohmímetro: é o instrumento que mede a resistência elétrica de um dispositivo ou circuito. O aparelho deve ser conectado em paralelo à resistência a ser medida.

O componente sob medição não poderá em hipótese alguma estar energizado, a fim de evitar danos ao instrumento. Mesmo com o circuito desenergizado, deve-se tomar o cuidado de verificar se não existem outros componentes conectados ao resistor sob medição.

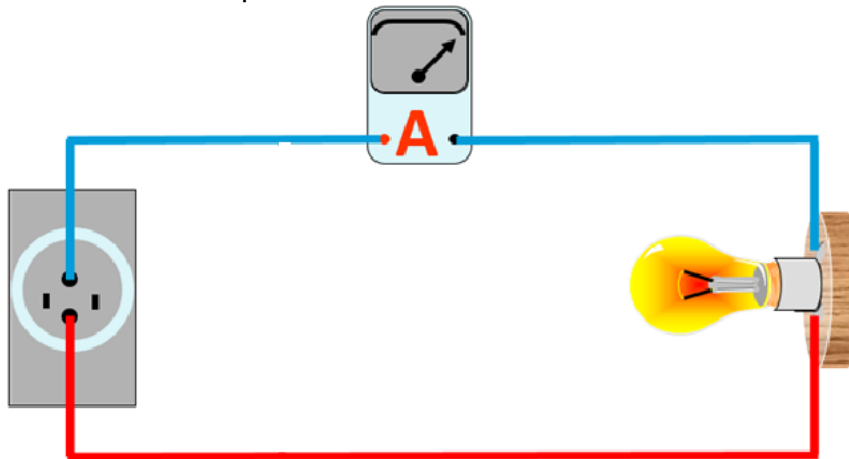


O ohmímetro também é usado para testes de continuidade, os quais verificam se um fio está rompido, ou se algum componente está “queimado”.

Voltímetro: é o instrumento que mede a tensão elétrica, ele deve ser **ligado em paralelo** (dois fios diferentes) com o elemento a ser medido. A graduação da escala deve ser maior que a tensão medida, para medir a tensão numa tomada elétrica residencial, geralmente, o aparelho é ajustado para 300 V.



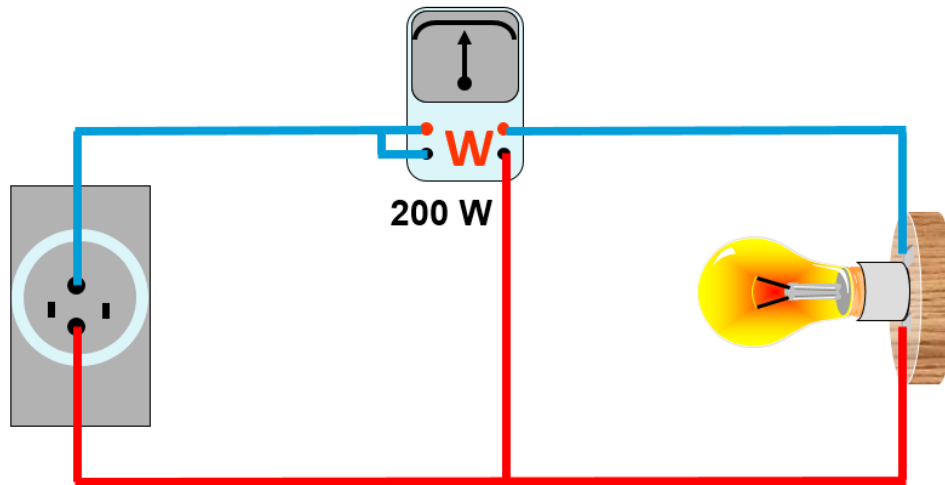
Amperímetro: é o instrumento de medida de corrente elétrica. Para “contar” quantos elétrons passam por segundo, ele deve ser **ligado em série** (num único fio) com o circuito. Assim como ocorre com o voltímetro, a graduação da escala deve ser maior que a corrente medida.



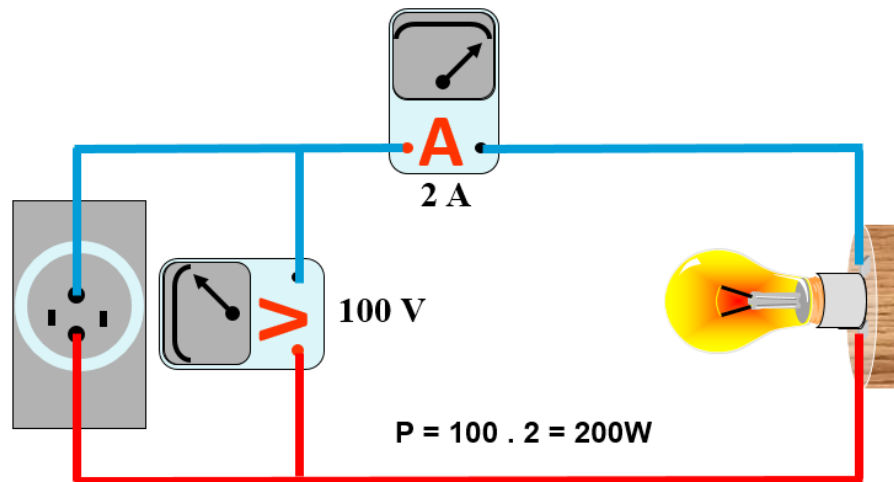
Como o amperímetro é ligado num único fio, existe um aparelho chamado alicate amperímetro, para evitar cortar o fio.



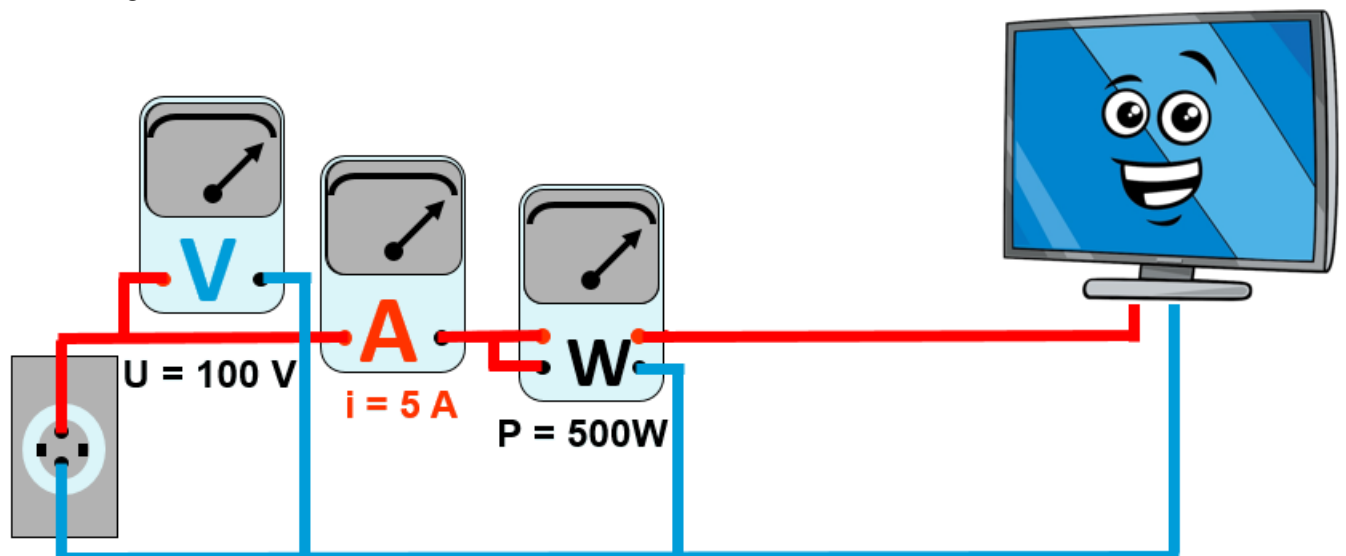
Wattímetro: é o instrumento que mede simultaneamente a corrente e a tensão no gerador ou na carga. Para tanto, o dispositivo tem dois pares de terminais, um para medir a corrente (portanto, deve ficar em série com o circuito, para que seja atravessado por ela) e outro para medir a tensão, que são conectados aos terminais da fonte ou da carga.



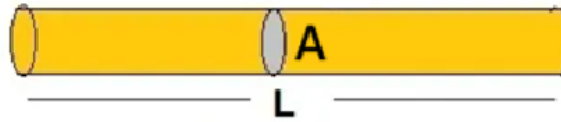
Ao invés de utilizar um wattímetro, é possível usar simultaneamente um voltímetro e um amperímetro, como no circuito abaixo.



Em resumo, temos que voltímetros e amperímetros, são os instrumentos mais usuais para medições elétricas. O ohmímetro é usado em circuito desligado, enquanto os demais medidores são usados em circuitos energizados. Vamos finalizar o estudo de medidores, com o circuito abaixo.



2ª Lei de Ohm: por meio de experiências, Ohm verificou que “A resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao comprimento e à resistividade e inversamente proporcional à área da seção transversal”. Ou seja, considerando um fio condutor de comprimento L e seção transversal de área A , conforme imagem a seguir.



Temos que a resistência elétrica do fio é dada por:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Onde: R = resistência elétrica (Ω);

ρ (letra grega rô) = resistividade elétrica do material do condutor (fio) ($\Omega \cdot m$);

L = comprimento do condutor (m);

A = área da seção transversal do condutor (m^2).

Exemplo: Um fio de cobre de comprimento 4,0 m apresenta área de seção transversal $4,0 \cdot 10^{-6} m^2$. Sendo a resistividade elétrica do cobre $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$, determine a resistência elétrica desse fio.

Resposta: $1,7 \cdot 10^{-2} \Omega$