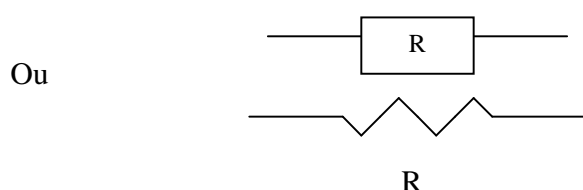


Módulo II – Resistores e Circuitos

Resistência Elétrica (R) e Resistores:

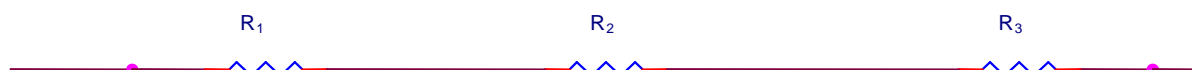
Resistor é o condutor que transforma energia elétrica em calor. Como o resistor é um condutor de elétrons, existem aqueles que facilitam ou dificultam a passagem da corrente elétrica. A medida do grau de dificuldade à passagem dos elétrons denomina-se **resistência elétrica (R)**.

Em circuitos elétricos, representa-se um resistor de resistência **R** da seguinte forma:



Associação de Resistores:

Associação em Série: Diz-se que vários resistores estão associados em série, quando estão ligados um em seguida ao outro. A resistência equivalente será:



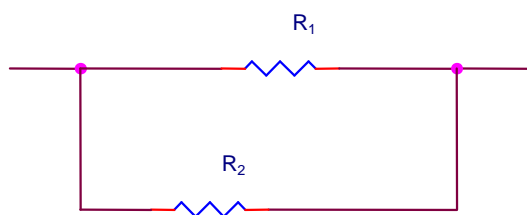
$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

$$i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_N$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N$$

onde N = número de resistores em série.

Associação em Paralelo: Diz-se que vários resistores estão associados em paralelo, quando estão ligados aos mesmos pontos. A resistência equivalente será:



$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_N$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_N$$

onde N = número de resistores em paralelo.

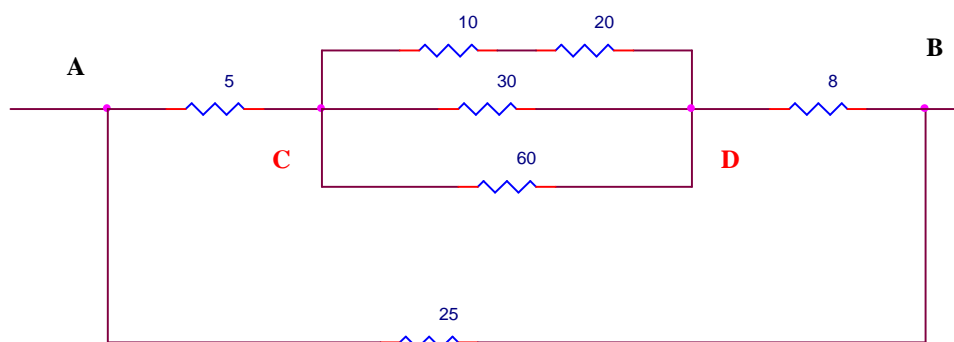
Associação Mista de Resistores:

Quando estamos tratando de circuitos que possuam associação mista de resistores, o procedimento usado para simplificar e encontrarmos a resistência equivalente será:

1. Colocam-se letras em todos os nós da associação (Lembrete: nó é o ponto de encontro de três ou mais resistores)
2. Substitui-se por um resistor equivalente os resistores que estiverem associados em série ou paralelo, desde que estejam entre dois nós. Redesenha-se o esquema, já com o resistor equivalente.
3. Repete-se a operação anterior, tantas vezes quantas forem necessárias. O resistor equivalente é aquele que fica entre os terminais da associação.

Exercício 1:

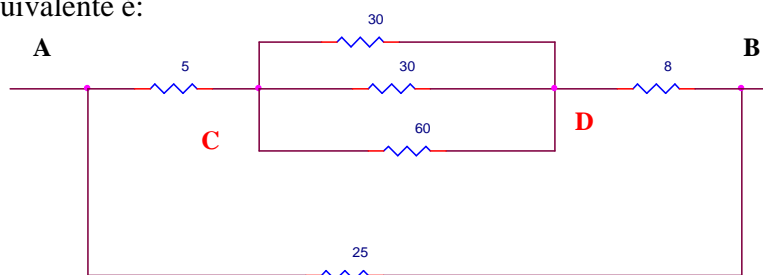
Determine a resistência equivalente, entre os terminais **A** e **B**, da associação representada na figura abaixo.



Solução: Colocam-se as letras C e D nos nós da associação. Entre eles, os resistores de $10\ \Omega$ e $20\ \Omega$ estão associados em série. A resistência equivalente entre eles é

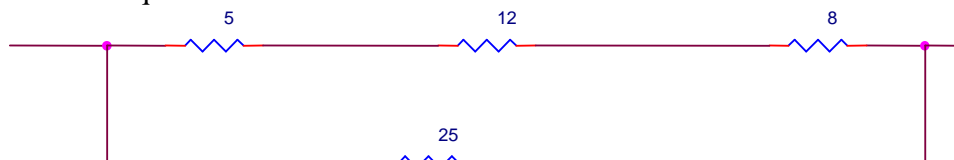
$$R_1 = 10 + 20 \Rightarrow R_1 = 30\ \Omega$$

Redesenhando, tem-se agora, entre os nós consecutivos C e D, três resistores associados em paralelo, cuja resistência equivalente é:



$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{5}{60} \Rightarrow R_2 = 12\Omega$$

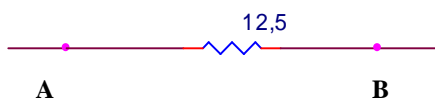
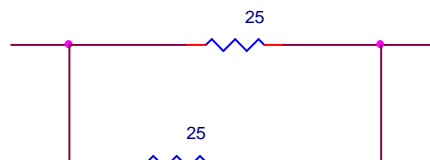
Redesenhando, tem-se agora, entre os terminais A e B, três resistores associados em série, cuja resistência equivalente é:



$$R_3 = 5 + 12 + 8 \Rightarrow R_3 = 25\Omega$$

Redesenhando, tem-se ainda entre os terminais A e B, dois resistores associados em paralelo, cuja resistência equivalente é:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{25} + \frac{1}{25} \Rightarrow \frac{1}{R_e} = \frac{2}{25} \Rightarrow R_e = 12,5\Omega$$



Primeira Lei de Ohm:

Aplicando-se uma diferença de potencial V nos terminais de um resistor, verifica-se que ele é percorrido por uma corrente elétrica i . Ohm demonstrou experimentalmente que, mantida constante a temperatura do resistor, a corrente i é diretamente proporcional à V aplicada, ou seja:

$$V = R.I$$

Potência Elétrica (P):

Conforme já havíamos visto na aula passada,

$$P = V.I$$

Usando a lei de Ohm, podemos escrever também:

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

A potência de um resistor aumenta se a corrente aumenta.

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

A potência de um resistor, sob ddp constante, aumenta se diminui a sua resistência.

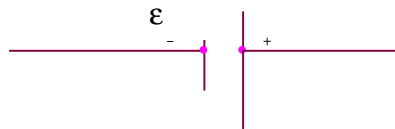
Como:

$$P = \frac{\tau_{AB}}{\Delta t} \Rightarrow \tau_{AB} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad (\text{lei de Joule})$$

FEM e Baterias:

A fim de se manter uma corrente estável e constante num condutor, é preciso dispor de uma fonte constante de energia elétrica. Um dispositivo que proporciona energia elétrica é uma **fonte de fem** (força eletromotriz). Exemplos destas fontes são as baterias. A unidade de fem é o volt, idêntica a unidade de diferença de potencial.

Em circuitos elétricos, representa-se uma fonte de **fem** da seguinte forma:



O sentido da corrente que irá percorrer o circuito é horário (do negativo para o positivo). Temos,

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

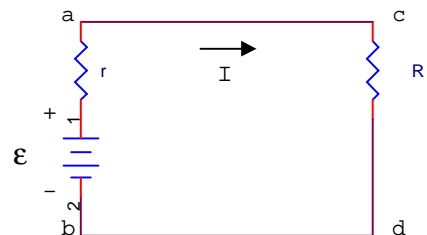
Numa **bateria real**, a diferença entre os terminais, a **voltagem da bateria**, não é igual a fem. Se fossemos colocar uma bateria real no circuito acima perceberíamos que se a corrente variar pela variação de **R**, e se medirmos a voltagem da bateria verificaremos que a voltagem diminui quando a corrente aumenta. É como se a bateria real fosse constituída da bateria ideal de fem \mathcal{E} , mais uma pequena resistência **r**, a **resistência interna**.

$$V_a = V_b + \mathcal{E} - I \cdot r$$

$$\Rightarrow V_a - V_b = \mathcal{E} - I \cdot r$$

$$\Rightarrow I \cdot R = \mathcal{E} - I \cdot r$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$



A energia disponível numa bateria é o produto da carga total pela fem:

$$W = Q * \varepsilon$$

Exercício 2:

A uma bateria de fem igual a 6 V e resistência interna de 1 Ω está ligado um resistor de 11 Ω . Calcular (a) a corrente, (b) a voltagem da bateria, (c) a potência proporcionada por esta fonte de fem, (d) a potência proporcionada ao resistor externo e (e) a potência dissipada na resistência interna da bateria. (f) Se a bateria for de 150 A*h, que energia pode reter?

Solução:

(a)

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{6}{11 + 1} = 0,5A$$

(b)

$$V_a - V_b = \varepsilon - I * r = 6 - (0,5) * (1) = 5,5V$$

(c)

$$P = \varepsilon * I = (6) * (0,5) = 3W$$

(d)

$$P = I^2 * R = (0,5)^2 * (11) = 2,75W$$

(e)

$$P = I^2 * r = (0,5)^2 * (1) = 0,25W$$

(f)

$$W = Q * \varepsilon = (150) * 3600 * (6) = 3,24MJ$$

Pois 1 A*h = 3600 C

Regras de Kirchhoff:

Há muitos circuitos, como o da Figura 1 abaixo, que não podem ser analisados pela simples substituição de resistores por outros que lhes sejam equivalentes. Os dois resistores R_1 e R_2 , no circuito da figura, aparecem em paralelo, mas não estão. A queda de potencial

não é a mesma nos dois, pois há uma fonte de fem ε_2 em série com R_2 . Estes dois resistores, R_1 e R_2 , também não estão em série, pois não conduzem a mesma corrente.

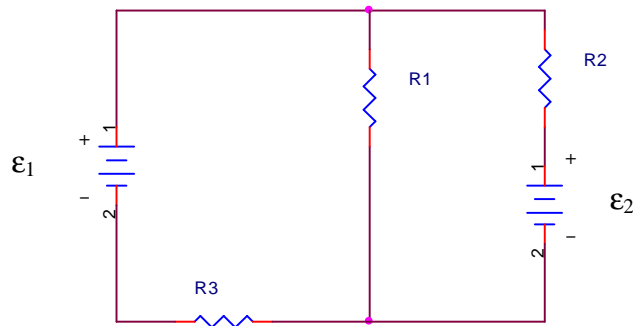


Figura1. Exemplo de circuito que não pode ser analisado pela substituição de combinações de resistores em série ou em paralelo.

Duas regras gerais, as regras de Kirchhoff, aplicam-se a este e a qualquer outro circuito:

4. Quando se percorre uma malha fechada num circuito, a soma algébrica das variações de potencial é necessariamente nula.
5. Em qualquer nó do circuito, onde a corrente se divide, a soma das correntes que fluem para o nó é igual à soma das correntes que saem do nó.

A primeira regra, **regra das malhas**, é consequência direta da conservação de energia. A segunda, **regra dos nós**, é consequência da conservação de carga.

Circuitos com uma Só Malha:

Como exemplo da aplicação da regra das malhas, seja o circuito da Figura 2, com duas baterias de resistências internas r_1 e r_2 , e três resistores externos. Queremos determinar a corrente em função das fems.

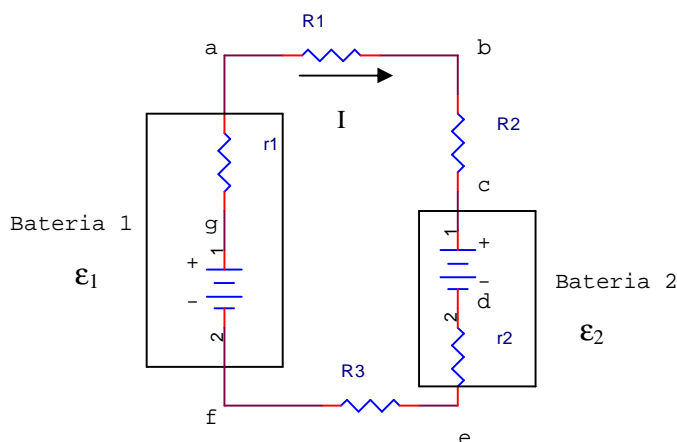


Figura2. Exemplo de circuito com duas baterias e três resistores.

Admitindo que o sentido da corrente seja horário, observamos entre os pontos **a** e **b** uma queda de tensão. O mesmo ocorre entre **b** e **c**, e assim sucessivamente. Veja que há uma queda de potencial ao se atravessar uma fonte de fem entre os pontos **c** e **d**, e um aumento de potencial ao se atravessar a outra fonte, entre **f** e **g**. A regra das malhas nos dá:

$$V = R.I$$

$$-IR_1 - IR_2 - \varepsilon_2 - Ir_2 - IR_3 + \varepsilon_1 - Ir_1 = 0$$

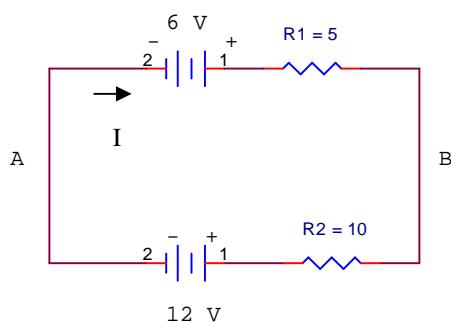
Resolvendo em I, temos:

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2}$$

Se ε_2 for maior do que ε_1 , a corrente I será negativa, e então o sentido que admitimos hipoteticamente está errado.

Exercício 3:

No esquema, têm-se duas baterias ligadas em paralelo. (a) qual a intensidade de corrente que circula pelas baterias? (b) qual é o valor da diferença de potencial entre os pontos **A** e **B**, e qual o ponto de maior potencial? (c) Qual das duas baterias está funcionando como receptor?



Solução:

$$\begin{aligned}
 -\varepsilon_1 + Ir_1 + Ir_2 + \varepsilon_2 &= 0 \\
 -6 + 5I + 10I + 12 &= 0 \\
 15I &= -6 \Rightarrow I = -0,4A
 \end{aligned}$$

Como a corrente resultou negativa, o sentido é contrário ao do convencional.

(b) Tomando-se o ramo **AB** e considerando o sentido correto da corrente, temos da lei de Ohm generalizada:

$$U_{BA} = V_B - V_A = i \cdot \sum \text{resistências} + \sum \text{fcems} - \sum \text{fems}$$

$$U_{BA} = 0,4 \cdot 5 + 6 - 0 \Rightarrow U_{BA} = 8V$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = i \cdot \sum \text{resistências} + \sum \text{fcems} - \sum \text{fems}$$

$$U_{AB} = 0,4 \cdot 10 + 0 - 12 \Rightarrow U_{AB} = -8V$$

Portanto a ddp entre **A** e **B** vale 8 V e o ponto de maior potencial elétrico é o ponto **B**.

(c) A bateria 1 está funcionando como receptor, pois o sentido convencional da corrente entra pelo pólo positivo e sai pelo negativo.

Bibliografia:

Tipler, Paul A. Mosca, Gene. Física, V.3 - Para Cientistas e Engenheiros (em Português). Ed. LTC, 2006.

Shigekiyo, Carlos Tadashi. Kazuhito, Yamamoto. Fuke, Luis Felipe. Os Alicerces da Física – volume 3. Ed. Saraiva.