

**Dependência de Física 3ª série Ensino Médio**

**Aula 1: Tensão, corrente, potência e resistência elétrica**

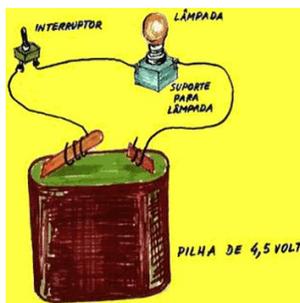
Caro aluno, você já pensou que estamos cercados por uma variedade de coisas que funcionam com eletricidade? Se fizermos uma lista de aparelhos elétricos e pensarmos no que eles produzem quando funcionam veremos que alguns têm a função de aquecer. Esses aparelhos possuem um pedaço de fio na forma de espiral chamado de resistor que esquentam durante o funcionamento. Esses aparelhos são chamados de resistivos. Eles transformam a energia elétrica em energia térmica. São exemplos: secador de cabelo, torradeiras, chuveiros etc.

Outros aparelhos têm a função de produzir algum tipo de movimento. Eles são chamados de motores elétricos, e transformam a energia elétrica em energia mecânica. São os casos dos ventiladores, bateadeiras, furadeiras etc.

Para funcionarem, os aparelhos precisam ser abastecidos com energia elétrica por alguma fonte de energia, como uma pilha, uma bateria, um dínamo etc.

Há ainda aparelhos ligados à comunicação e armazenamentos de informações, como o telefone, a televisão, o microfone, o computador, o pen drive etc. Estes como outros aparelhos possuem componentes elétricos e eletrônicos (fios, chaves, ímãs, diodos, transistores, resistores etc).

Como você pode ver, para fazer um aparelho elétrico funcionar é preciso uma série de elementos que juntos formam um circuito elétrico. Na maioria das vezes esse circuito é constituído pelo aparelho elétrico, uma fonte de energia, fios de ligação e um interruptor.

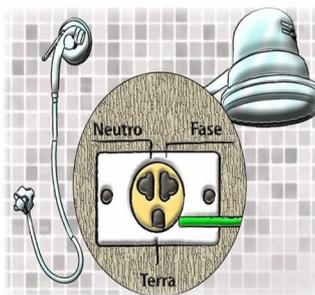


Nos aparelhos elétricos o interruptor é o botão de liga-desliga, mas no caso de um circuito elétrico residencial ele pode ser um disjuntor, uma tomada, um plugue, um soquete de lâmpada. A função do interruptor é permitir ou não a passagem da energia elétrica que sai da fonte e vai até o aparelho elétrico. O caminho feito pela energia elétrica é limitado pelos fios de ligação. O fio de ligação é feito de metal, como o cobre, por exemplo, e é revestido por uma capa plástica. É através do metal que a energia flui. A capa plástica funciona como um material isolante, que nos protege de um choque elétrico. Dizemos que o circuito está fechado quando a energia elétrica é utilizada e há passagem de corrente elétrica.

Os aparelhos de informação e comunicação acionam outros elementos para fecharem o circuito. Quando ligamos um rádio, o seu circuito interno (fonte de energia, fios de ligação e alto falante) é fechado, mas às vezes a estação não está sintonizada. Nesse caso é necessário o uso de antenas. Então, a antena do rádio deve-se comunicar com a antena da estação. Para a comunicação entre aparelhos celulares, GPS e computadores é preciso, além de fios de ligação e antenas, a utilização de satélites artificiais.

Devemos tomar cuidado para o nosso corpo não fazer parte de um circuito elétrico. Isso acontece quando tomamos um choque elétrico.

Um dos choques mais comuns acontece quando mexemos com um chuveiro elétrico que não foi “aterrado”. A corrente elétrica entra pela mão e percorre parte do nosso corpo até o pé. O fio terra conduz a corrente elétrica para terra, porque a condutividade elétrica se torna melhor no fio que no corpo humano.



### TENSÃO ELÉTRICA OU VOLTAGEM (U):

Quando compramos um aparelho elétrico observamos algumas informações. Essas informações vêm acompanhadas por números, letras, palavras e sinais. Por exemplo, em alguns aparelhos vem escrito 127V, outros vêm escrito voltagem 127V, já em outros essa informação aparece como tensão elétrica de 127V. Trata-se da mesma informação, da mesma grandeza física. Essa informação indica a tensão a que o aparelho deve ser submetido para funcionar bem.

Você já comprou uma lâmpada de 100W e depois de colocá-la em sua casa percebeu que ela não brilhava tanto quanto a outra que queimou? O que pode ter acontecido é que a lâmpada deveria ser de 110V – 220V. Se a rede elétrica da sua residência é de 110V, então, a lâmpada não funcionou bem com uma voltagem menor. Já uma lâmpada de 100W – 110V queimaria se fosse submetida a uma tensão de 220V.

A tensão elétrica ou voltagem é indicada pela letra U e medida em Volt (V), em homenagem a Alessandro Volta, o cientista que inventou a pilha.

### CORRENTE ELÉTRICA (I) E POTÊNCIA ELÉTRICA (P):

Agora pense numa situação em que você dispõe de duas lâmpadas que são submetidas à mesma tensão, mas que não iluminam da mesma maneira. Isso é possível? Sim, se essas lâmpadas têm potências diferentes. Uma lâmpada de 100W requer uma corrente elétrica maior que uma lâmpada de 60W, por exemplo. Por isso, uma lâmpada de 100W apresenta uma luminosidade maior que a de 60W.

A potência indica o consumo de energia elétrica do aparelho em cada unidade de tempo de seu funcionamento. Em outras palavras, ela indica a quantidade de energia elétrica que está sendo transformada em outra forma de energia num certo intervalo de tempo. Por exemplo, uma lâmpada de 60W consome 60 Joules de energia elétrica por segundo para funcionar. A potência elétrica é indicada pela letra (P) e é medida em Watt (W), em homenagem a James Watt, pelas suas contribuições para o desenvolvimento do motor a vapor.

Podemos então concluir que a corrente elétrica é uma grandeza que depende da potência do aparelho e da tensão em que ele é colocado para funcionar.

É difícil de entender? Vamos tentar esclarecer melhor. Suponha que você queira saber quanto de corrente elétrica atravessa uma lâmpada de 60W que está submetida a uma tensão elétrica de 110V. Bastaria dividir 60 por 110, que daria 0,54A, aproximadamente.

Então, para calcular a intensidade da corrente elétrica (i) deve-se dividir a potência (P) pela tensão elétrica (U), tal como mostra a expressão matemática:

$$i=P/U$$

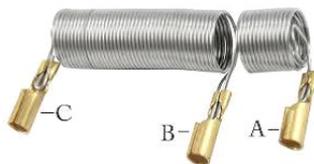
Veja que a corrente elétrica é indicada pela letra **i** e é medida em Ampères (A), em homenagem a André-Marie Ampère. Existem dois tipos de corrente elétrica: a contínua que é fornecida por pilhas e baterias e a corrente alternada, que é fornecida pelas usinas elétricas para as casas, indústrias etc.

A passagem da corrente elétrica sempre provoca aquecimento nos fios de ligação. Como medida de segurança para as instalações elétricas, colocamos fusíveis ou disjuntores. Quando o valor da corrente elétrica ultrapassa o especificado por esses dispositivos, eles automaticamente interrompem a passagem da corrente, deixando o circuito aberto e deixando os aparelhos associados sem funcionar.

### RESISTÊNCIA ELÉTRICA (R):

Já falamos que os aparelhos resistivos têm um fio chamado de resistor e que ele aquece durante o funcionamento. Esse fio limita a intensidade da corrente no circuito. Dependendo do tipo do material a ser usado como resistor, deve-se levar em conta a temperatura que ele deverá atingir para não derreter. A capacidade que o resistor tem para resistir à corrente elétrica depende do tipo do material e das dimensões físicas (comprimento e espessura) do fio. Essa capacidade é chamada de resistência elétrica. O valor da resistência elétrica diz se o material é bom ou mau condutor elétrico. Se a resistência elétrica é alta, o resistor é mau condutor elétrico. Se a resistência é baixa, o resistor é bom condutor elétrico.

Como será a “resistência” de chuveiro elétrico? Quando o chuveiro está com a chave no inverno a corrente elétrica percorre um trecho pequeno do fio resistor (AB). Quando a chave está no verão a corrente percorre um trecho maior do fio resistor (BC).



Dizemos que quanto menor for o comprimento do fio, menor é a resistência elétrica e, portanto, maior é a intensidade da corrente elétrica. Isso corresponde à posição inverno. Então, o fio fica mais quente, isto é, a temperatura do resistor aumenta e, conseqüentemente, mais quente ficará a água. Esse efeito térmico da corrente elétrica é conhecido como Efeito Joule.

É importante dizer que a resistência elétrica pode ser diferente quando o resistor está em funcionamento, porque a temperatura muda bastante seu valor quando a corrente elétrica passa pelo resistor. Uma lâmpada de filamento de tungstênio (40W – 110V) ligada tem a sua resistência elétrica aumentada aproximadamente em 10 vezes mais que quando ela está desligada.

Para calcular a resistência elétrica de um resistor em funcionamento, você precisaria dividir a tensão elétrica pela corrente elétrica. Por exemplo, considere um chuveiro submetido à tensão de 220V e a uma corrente 20 A. A resistência elétrica desse resistor seria de 11  $\Omega$ , porque 220 dividido por 20 resulta em 11  $\Omega$ .

A fórmula que permite o cálculo da resistência em funcionamento é:

$$R=U/i$$

Ela é conhecida como Primeira Lei de Ohm. A unidade de medida da resistência elétrica é o Ohm ( $\Omega$ ), em homenagem ao cientista George Simon Ohm, pelos seus trabalhos com metais que tinham resistência elétrica constante.

### Atividades da aula 1

1. Classifique os aparelhos abaixo em: Resistivo, Motor Elétrico ou Gerador de Energia. Em seguida, indique a principal transformação de energia que ocorre no funcionamento deles, conforme o exemplo da letra (a):

a) Torradeira:	Resistivo	Energia elétrica se transforma em energia térmica;
b) Lâmpada:		
c) Bateria:		
d) Pilha:		
d) Liquidificador:		
e) Secador de cabelo:		
f) Furadeira:		

2. Submetido a uma tensão de 220V um aparelho resistivo consome uma potência de 100W. Calcule a corrente elétrica do aparelho.

3. Para secar o cabelo, uma cabeleireira dispõe de dois secadores elétricos: um de 1200W/110V e outro de 800W/110V. Discuta as vantagens em se utilizar um ou outro: (pense no gasto de energia e na eficiência de cada secador).

4. Preencha o quadro a seguir, utilizando as palavras menor ou maior, para relacionar as grandezas físicas em cada situação:

Chuveiro	Potência	Comprimento	Corrente	Resistência	Temperatura
Inverno					
Verão					

5. Um condutor é atravessado por uma corrente de 2A quando a tensão em seus terminais vale 110V. Quanto mede a resistência do condutor?

### Aula 2: Consumo de energia elétrica

Caro aluno, você já gastou alguns minutos a mais tomando um banho quente e sua mãe ou pai brigou com você por conta disso? Ou por esquecimento já deixou a lâmpada de um cômodo acesa? Você sabe que o acesso e a utilização de eletricidade geram custos, seja na hora de comprar pilhas ou baterias, seja na hora de pagar a “conta de luz”. Para ajudá-lo a entender que seus pais têm razão, vamos aprender como se calcula a energia elétrica consumida em nossas casas.

#### CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA:

Quando você examina uma “conta de luz” é fácil localizar a quantidade de energia elétrica consumida por sua casa. Esse valor vem acompanhado pela unidade kWh, que significa quilowatt-hora. O quilo quer dizer 1000 vezes, é o mesmo quilo utilizado nas unidades quilômetro e quilograma. O termo watt-hora é a unidade de medida da energia elétrica, que é obtida através da multiplicação entre a potência do aparelho (Watt) e o tempo de funcionamento do aparelho (hora).

Suponha que você precise calcular a energia elétrica consumida por uma lâmpada incandescente de 100W que ficou ligada por um dia inteiro. Você faria assim:

$$100 \times 24 = 2400 \text{ Wh (2400 Watt-hora)}$$

Para que a medida da energia elétrica seja escrita em kWh, ainda é preciso dividir o valor por 1000! Logo, o valor seria escrito assim:

$$2400: 1000 = 2,4 \text{ kWh (2,4 quilowatts-hora)}$$

Você pode pensar que este valor é pequeno, mas considerando que o custo indicado na conta representa o somatório do produto da potência de cada aparelho elétricos pelo tempo de funcionamento deles no período de 1 mês, esse valor aumenta bastante!

Se essa lâmpada não fosse desligada no período de um mês (30 dias), a energia elétrica consumida por ela nesse período seria de 72 kWh! Por quê? Veja:

$$2,4 \times 30 = 72 \text{ kWh / mês (72 quilowatt-hora por mês)}$$

Ok! Você deve estar pensando: será que essa quantidade de energia elétrica custa caro? Se você considerar que na cidade do Rio de Janeiro o valor de 1 kWh é de R\$ 0,44, já incluído os impostos, então o custo dessa lâmpada seria de R\$ 31,68! Veja o cálculo:  $72 \times 0,44 = 31,68$  reais (31 reais e 68 centavos por mês)

Então, seus pais não têm razão em brigar contigo quando você esquece a lâmpada do quarto acesa?

Hoje nossas casas são equipadas com uma série de aparelhos elétricos e eletrônicos que mesmo não funcionando estão em modo de espera, chamado de “stand by”. Geladeiras, Tvs, DVDs, micro-ondas, rádios etc por estarem ligados em tomadas acabam desperdiçando cerca de 15% do total do consumo de energia elétrica por mês.

Resumindo, a quantidade de energia elétrica que você consome depende: da potência dos aparelhos e do tempo de funcionamento. Esses dois fatores são igualmente importantes! Um aparelho de baixa potência, mas que funciona durante muito tempo diariamente pode gastar tanto ou mais energia elétrica que outro aparelho de maior potência que funciona durante pouco tempo. Além disso, se você quiser saber o custo desse consumo é preciso conhecer o valor de 1 kWh da sua cidade e multiplicá-lo pela quantidade de energia elétrica consumida no mês!

Acompanhe os exercícios resolvidos para esclarecer algumas dúvidas:

1) Uma residência pagou R\$ 98,28 pelo consumo de 234 kWh. Qual o valor médio pago por cada kWh nessa cidade?

$$98,28 : 234 = 0,42 \text{ centavos de real}$$

Resposta: Cada 1 kWh custa R\$0,42.

2) Um ferro elétrico tem potência de 900 W. Uma dona de casa passa as roupas da família uma vez por semana e gasta em média 3 horas por vez. Considere que 1 kWh de energia custe R\$ 0,44 e que um mês tem 4 semanas, quanto essa dona de casa gasta por mês para passar suas roupas?

Potência do aparelho = 900W

Tempo de funcionamento = 3 horas x 4 semanas = 12 horas por mês

Energia = potência x tempo

Energia =  $900 \times 12 = 10800\text{Wh} : 1000 = 10,8 \text{ kWh}$  (energia elétrica consumida por mês)

Custo total = energia consumida por mês x custo de 1 kWh

Custo total =  $10,8 \times 0,44 = 4,752$  reais

Resposta: Ela gasta R\$ 4,75 por mês. Observe que a nossa moeda não admite mais que dois dígitos como centavos!

### Atividades da aula 2

1. Uma residência pagou R\$ 111,11 pelo consumo de 271 kWh. Qual o valor médio pago por cada kWh nessa cidade?

2. Considere uma bomba de água com potência média de 370 W que é ligada por 2 horas todos os dias do mês (30 dias). Supondo que o custo de 1 kWh de energia elétrica seja de R\$0,40, responda:

a) Quanto de energia elétrica essa bomba consome por mês?

b) Qual é o gasto mensal dessa bomba de água?

3. Um chuveiro de 4500W/110V é usado 20 horas por mês, enquanto um ar condicionado de 1100W/110V é usado 80 horas no mesmo período. Qual dos dois consome mais energia elétrica?

### Aula 3: Associação de resistores

Você já parou para pensar se as lâmpadas de uma árvore de Natal são ligadas da mesma maneira como as lâmpadas da nossa casa?

Na instalação elétrica de uma residência percebemos que há uma série de aparelhos ligados ao circuito além das lâmpadas e

que essas ligações são independentes. Se uma lâmpada da cozinha queimar ou for desligada isso não interfere no funcionamento das outras lâmpadas e aparelhos da casa. Nessa situação, esses aparelhos estão ligados em paralelo. Outra maneira de ligar os aparelhos elétricos é chamada de ligação em série. Nesse caso, se uma lâmpada ou um aparelho for desligado, retirado ou mesmo se quebrar, o circuito fica aberto. Isso não quer dizer que os aparelhos e lâmpadas são danificados por isso, somente não há mais a passagem da corrente elétrica. Esse é o tipo de ligação que acontece nas lâmpadas de árvores de Natal e em alguns circuitos internos de rádio e TV.

### ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE:

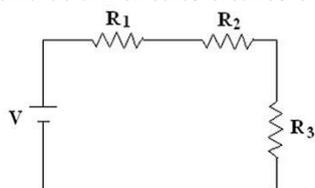
Numa associação em série, as lâmpadas têm um brilho menor que numa associação em paralelo. Isso significa que a corrente elétrica no circuito é menor. O brilho das lâmpadas é menor porque a tensão em cada lâmpada é uma parte da tensão total fornecida pela fonte de energia. Se as lâmpadas forem iguais, a tensão em cada lâmpada é 1/3 da tensão total, e todas as lâmpadas têm o mesmo brilho. A corrente elétrica em cada lâmpada é igual.

Se mais lâmpadas forem incluídas ao circuito, você perceberá que as lâmpadas terão brilho ainda menor, porque a corrente elétrica diminuirá mais. Pensando assim, dá para entender que a resistência elétrica do circuito aumenta à medida que mais lâmpadas são incluídas ao circuito.

Se pudéssemos substituir todas elas por uma única lâmpada que estabelecesse no circuito a mesma corrente que as outras juntas, seria necessário escolher uma lâmpada com resistência elétrica equivalente, cujo valor seria igual ao somatório das resistências unitárias das outras lâmpadas.

Por exemplo, se três lâmpadas iguais de 40W /110V são associadas em série e estão em funcionamento, o valor da resistência elétrica de cada uma é de aproximadamente 302,5Ω. Então, ao substituir as três lâmpadas por uma equivalente que estabeleça a mesma corrente elétrica das demais, essa lâmpada precisaria ter resistência elétrica equivalente de 907,5Ω! Esse valor é o triplo de 302,5Ω.

Se as lâmpadas fossem diferentes, bastaria conhecer a resistência elétrica de cada uma e somá-las para se obter a medida da resistência equivalente. Observe o seguinte esquema de um circuito elétrico em série:



Esse é um modo simplificado de representar um circuito elétrico. As lâmpadas, ou qualquer aparelho resistivo, são indicadas pelos símbolos de R1, R2 e R3. A fonte de energia é representada pelo símbolo ao lado de V e os segmentos de reta são os fios de ligação. Se  $R1 = 5\Omega$ ,  $R2 = 7\Omega$  e  $R3 = 8\Omega$ , a resistência equivalente seria de  $5 + 7 + 8 = 20\Omega$ !

Se for necessário conhecer a corrente elétrica que passa pelo circuito, tome o valor da tensão elétrica dele e divida pela medida resistência equivalente, isto é, use a expressão matemática da Primeira Lei de Ohm!

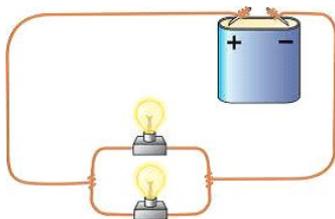
Veja se, no último circuito elétrico a fonte fosse de 60V, a corrente elétrica seria igual a 3 Ampères:

$$i = V / R = 60 / 20 = 3 \text{ A.}$$

Atenção!  
 Há dois símbolos para tensão elétrica: **U** e **V**!  
 Então, a expressão da 1ª Lei de Ohm pode ser escrita assim:  
 $i = V/R$

### ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO:

Na associação em paralelo as lâmpadas têm um brilho maior, comparado àquelas que foram associados em série. Significa que há maior intensidade de corrente elétrica no circuito. A tensão elétrica de cada lâmpada é exatamente igual ao valor da fonte de energia.

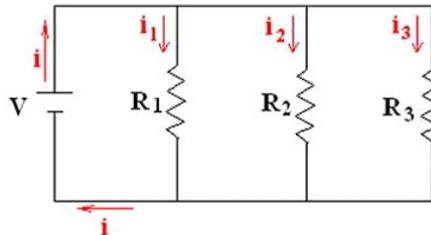


Nessa ligação, se mais lâmpadas são incluídas ao circuito, o brilho continua o mesmo, porque a tensão elétrica não se altera, sejam suas resistências iguais ou diferentes.

Se uma dessas lâmpadas for retirada do circuito a outra funciona normalmente. O valor da corrente elétrica se divide nas bifurcações e mesmo que um dos caminhos seja interrompido, o circuito continuaria fechado.

A intensidade da corrente elétrica do circuito é igual à soma dos valores da corrente que caminha em cada bifurcação e o valor total corresponde à corrente que sai e entra na fonte de energia. A resistência total do circuito é bem menor, comparada a da ligação em série.

Observe o circuito elétrico envolvendo três resistores:



Como na situação anterior, as lâmpadas ou qualquer aparelho resistivo são representados no esquema por R1, R2 e R3. A fonte de energia é simbolizada por V.

Vamos atribuir valores as resistências: R1 = 2Ω, R2 = 4Ω e R3 = 5Ω. Para calcular a resistência total do circuito, que é igual à resistência equivalente (Req) devemos usar a expressão matemática:

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

Substituindo cada valor de R na expressão, temos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}$$

Fazendo o mmc entre 2, 4 e 5, temos 20. Dividindo-se 20 por cada denominador e, em seguida, multiplicando os quocientes pelos seus respectivos numeradores, temos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{\frac{2}{10}} + \frac{1}{\frac{4}{5}} + \frac{1}{\frac{5}{4}}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{10}{20} + \frac{4}{20} + \frac{5}{20}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{19}{20}$$

$$R_{eq} = \frac{20}{19} \Omega \approx 1,05 \Omega$$

Observe que o valor da resistência equivalente do circuito é bem menor que os valores individuais das resistências R1, R2 e R3.

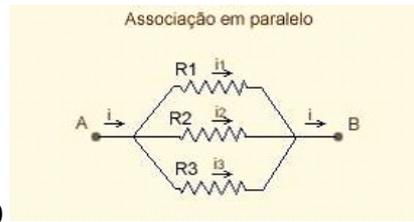
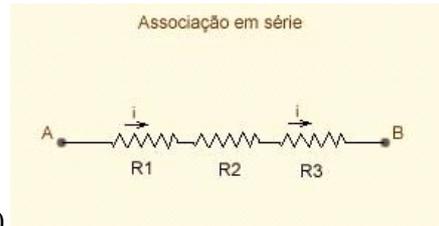
Para uma tensão elétrica do circuito de 60V, a corrente elétrica seria de:

$$i = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{60}{\frac{20}{19}} = \frac{60}{1} \times \frac{19}{20} = 3 \times 19 = 57 A$$

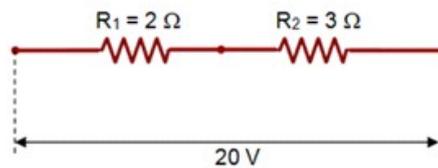
A intensidade da corrente elétrica seria de 57 A. Repare que é bem mais alta que a intensidade obtida na ligação em série!

### Atividades da aula 3

1. Considere  $R_1 = 3\Omega$ ,  $R_2 = 5\Omega$  e  $R_3 = 6\Omega$ . Calcule a resistência equivalente em cada ligação de resistores:



2. No circuito elétrico em série ilustrado na figura, a fonte de energia elétrica tem tensão de 20V ( $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ). Determine:

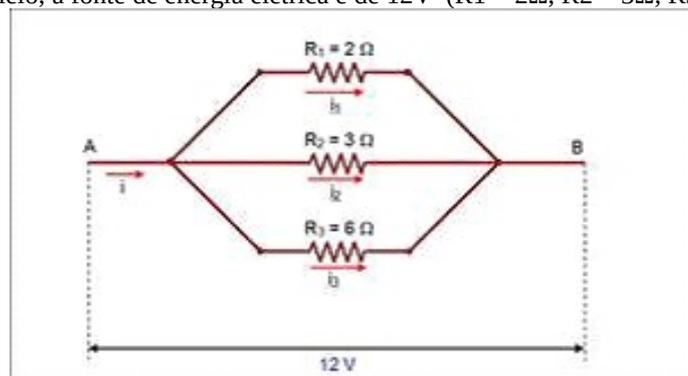


a) O valor da resistência equivalente do circuito.

b) A intensidade da corrente elétrica estabelecida no circuito.

c) O valor da tensão elétrica em cada resistor.

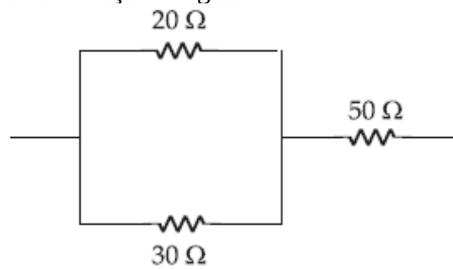
3. No circuito elétrico em paralelo, a fonte de energia elétrica é de 12V ( $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 6\Omega$ ). Calcule:



a) A resistência equivalente do circuito.

b) A intensidade da corrente elétrica no circuito.

4. (Fei-SP) Qual a resistência equivalente da associação a seguir?



- (A)  $80\ \Omega$
- (B)  $100\ \Omega$
- (C)  $90\ \Omega$
- (D)  $62\ \Omega$
- (E)  $84\ \Omega$

**Pesquisa (deverá ser entregue em folha separada e manuscrita)**

Responda às questões

- a) Verifique na lâmpada, normalmente utilizada em seu quarto, as indicações de voltagem e potência. Anote esses valores. Repita esses procedimentos para o chuveiro elétrico. Lembre que geralmente o chuveiro possui duas indicações de potência elétrica (quente/inverno – morno/verão). É importante que você faça a anotação das duas.
- b) Quanto tempo, em média, a lâmpada do seu quarto permanece acesa durante um mês?
- c) Durante seu banho, em que posição (quente/morno/desligado) a chave seletora é usada?
- d) De quanto tempo é, normalmente, a duração do seu banho? A partir deste valor, determine o tempo que o chuveiro fica ligado em um mês?
- e) Calcule, usando os dados fornecidos nos itens anteriores, os valores médios de energia elétrica consumida mensalmente durante os funcionamentos da lâmpada e do chuveiro.
- f) Pegue a última conta de luz de sua residência e verifique qual foi o consumo mensal de energia elétrica. Que porcentagem da energia consumida foi gasta nos usos da lâmpada de seu quarto e do chuveiro com o seu banho diário?
- g) Você acha que está desperdiçando energia elétrica? Esperamos que NÃO!!! Porém, suponha que você ainda pudesse diminuir o gasto de energia elétrica, nestas duas atividades, em 10%. Que economia, em Real (R\$), estaria sendo feita (verifique o valor atual do kWh)?