

## **Sumário**

<b>Introdução</b>	<b>5</b>
<b>Materiais condutores e isolantes</b>	<b>6</b>
<b>Materiais condutores</b>	<b>6</b>
<b>Materiais isolantes</b>	<b>9</b>
<b>Gráfico energético dos materiais</b>	<b>10</b>
<b>Circuito elétrico</b>	<b>12</b>
<b>Componentes do circuito elétrico</b>	<b>12</b>
<b>Fonte geradora</b>	<b>12</b>
<b>Carga</b>	<b>13</b>
<b>Condutores</b>	<b>13</b>
<b>Simbologia dos componentes de um circuito</b>	<b>15</b>
<b>O interruptor em um circuito elétrico</b>	<b>17</b>
<b>O sentido da corrente em um circuito elétrico</b>	<b>19</b>
<b>Apêndice</b>	<b>20</b>
<b>Questionário</b>	<b>20</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>20</b>



**Espaço SENAI**

### **Missão do Sistema *SENAI***

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

A harmonia da atividade industrial com o meio ambiente é um dos objetivos do *SENAI*.

# Introdução

---

A eletricidade é empregada das mais diversas formas pelo homem. A partir da energia elétrica, movimentam-se motores, acendem-se lâmpadas, produz-se calor etc. Entretanto, embora os efeitos sejam os mais diversos, todas as aplicações da eletricidade têm um ponto comum: implicam na existência de um circuito elétrico.

Este fascículo, que tratará dos materiais e das particularidades do circuito elétrico, foi elaborado visando a capacitá-lo a reconhecer um circuito elétrico, identificando os seus componentes e representando-os através de símbolos.

Lembre-se de que o circuito elétrico é indispensável para que a energia elétrica possa ser utilizada. Conhecer e compreender as suas características é fundamental para os estudos que se seguem a este.

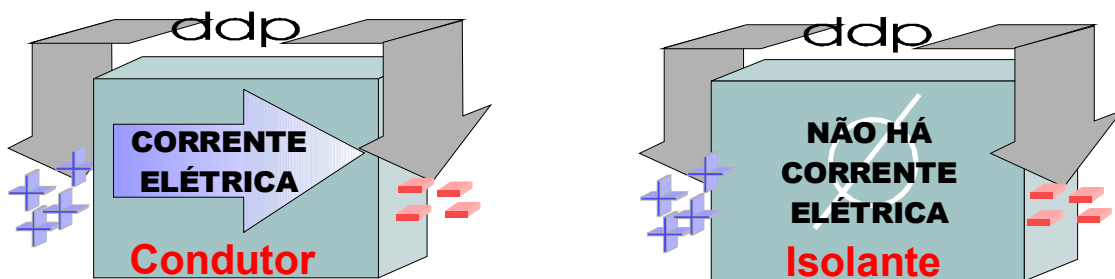


***Para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo e atividades deste fascículo, o leitor já deverá ter conhecimentos relativos a:***

- Estrutura da matéria.
- Corrente e resistência elétrica.

# Materiais condutores e isolantes

Os materiais são denominados de condutores quando permitem a passagem da corrente elétrica e de isolantes quando não permitem a passagem da corrente elétrica, conforme ilustrado na **Fig.1**.

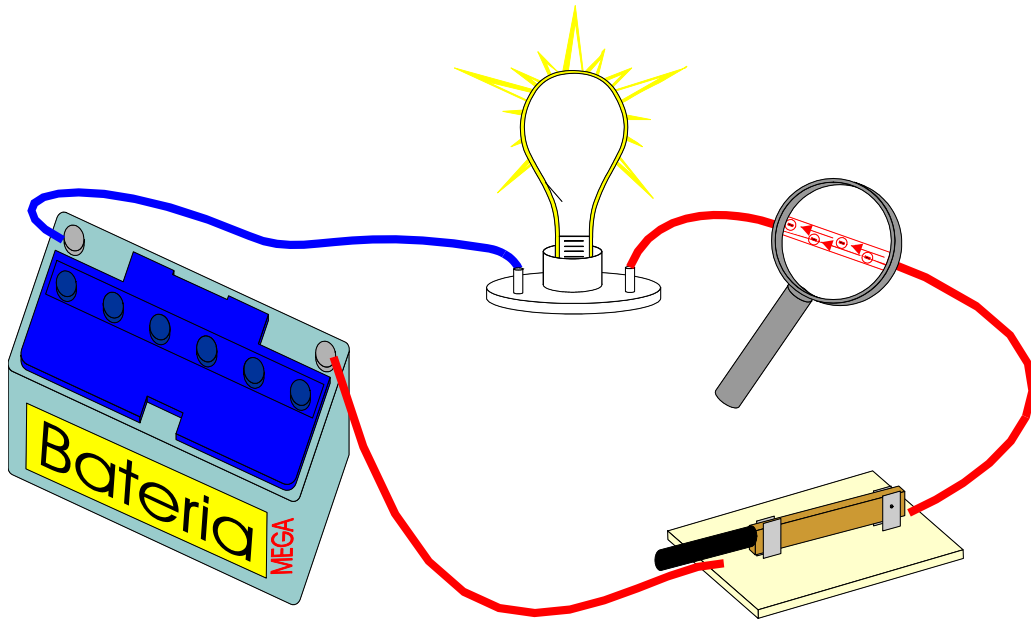


**Fig.1** Efeitos da ddp em condutores e isolantes.

Os materiais condutores e isolantes são empregados em todos os dispositivos e equipamentos elétricos e eletrônicos.

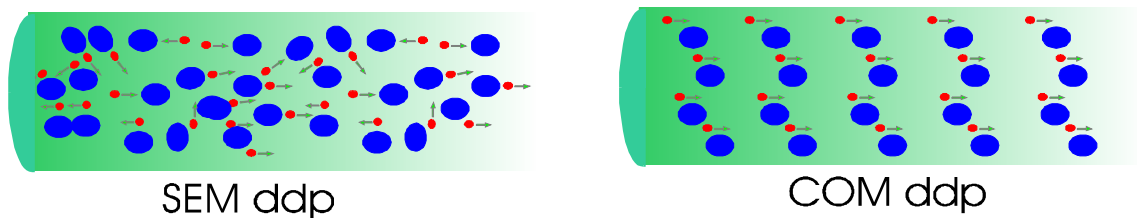
## MATERIAIS CONDUTORES

Os materiais condutores se caracterizam por permitir a existência de corrente elétrica toda vez que se aplica uma ddp entre seus extremos, conforme ilustrado na **Fig.2**.



**Fig.2** ddp fornecido pela bateria.

Existem materiais sólidos, líquidos e gasosos que são condutores elétricos. Entretanto, na área da eletricidade e eletrônica, os materiais sólidos são os mais importantes. Nos materiais sólidos, as cargas elétricas que se movimentam são os elétrons, como pode ser visto na **Fig.3**.



**Fig.3** Movimento dos elétrons com e sem ddp.

Os elétrons que se movimentam no interior dos materiais sólidos, formando a corrente elétrica, são denominados de elétrons livres. Para que um material sólido seja condutor de eletricidade, é necessário que este material possua um grande número de elétrons livres.

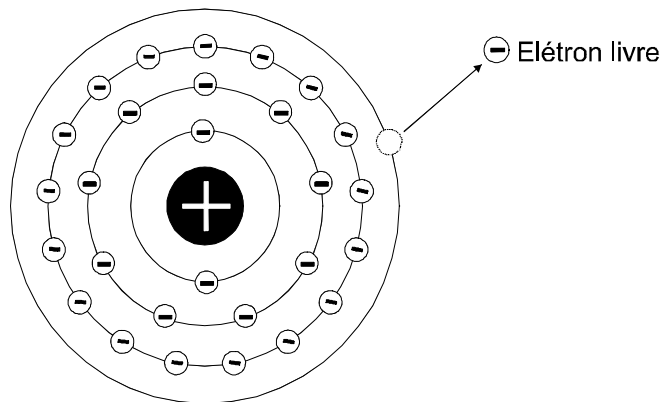


**Os condutores possuem um grande número de elétrons livres.**

Quanto mais elétrons livres existirem em um material, melhor condutor de corrente elétrica ele será.

Os metais são os materiais que melhor conduzem a corrente elétrica porque os átomos da sua estrutura possuem um pequeno número de elétrons na camada externa (até 3 elétrons).

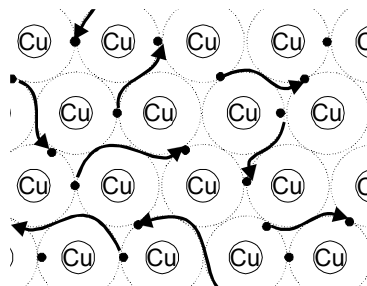
Esses elétrons se desprendem facilmente porque estão fracamente ligados ao núcleo de átomos, tornando-se elétrons livres, conforme ilustrado na **Fig.4**.



**Fig.4** Fuga de um eletron.

Os átomos de cobre, que formam a estrutura atômica do “metal cobre”, têm 29 elétrons, dos quais apenas 1 está na última camada. Este elétron se desprende do núcleo, vagando livre no interior do material.

A mobilidade dos elétrons da última camada energética do cobre é tal que a sua estrutura química se compõe de um grande número de núcleos fixos rodeados por elétrons livres que se movimentam intensamente de um núcleo para outro, conforme mostrado na **Fig.5**.



**Fig.5** Estrutura do cobre.

A grande liberdade de movimentação dos elétrons no interior da estrutura química do cobre dá a este material a característica de boa condutividade elétrica.

Os materiais condutores podem ser classificados segundo a resistência que apresentam. Os melhores condutores (chamados de bons condutores) são os que apresentam menor resistência elétrica.



***Bons condutores são materiais que têm baixa resistência elétrica.***

A **Tabela 1** mostra a classificação de alguns materiais condutores, a partir da prata, em ordem decrescente de condutividade elétrica.

**Tabela 1** Classificação de alguns materiais condutores em ordem decrescente de condutividade elétrica

<i>Prata</i>	<i>Cobre</i>	<i>Alumínio</i>	<i>Constantan</i>	<i>Níquel-cromo</i>
--------------	--------------	-----------------	-------------------	---------------------

Eliminando a prata, que é um metal precioso, o cobre é o melhor condutor elétrico sendo muito utilizado para a fabricação de condutores para instalações elétricas.

## MATERIAIS ISOLANTES

Os materiais classificados de isolantes são os que apresentam grande oposição à circulação de corrente elétrica no interior da sua estrutura.

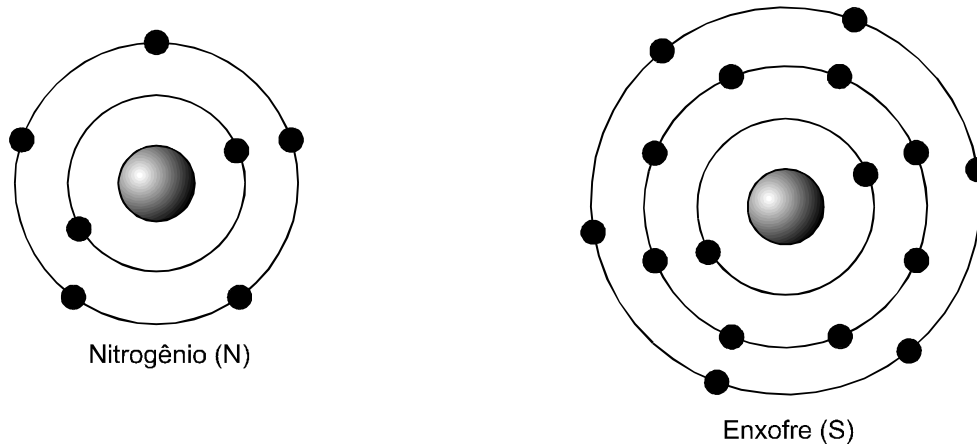
A grande oposição à circulação de corrente nos materiais isolantes se deve ao fato de que a sua estrutura atômica não propicia a existência de elétrons livres.

Nos materiais isolantes, os elétrons dos átomos que compõem a estrutura química são fortemente ligados aos seus núcleos, dificilmente sendo liberados para a circulação.



***Os materiais isolantes têm poucos elétrons livres.***

Os materiais isolantes têm a sua estrutura atômica composta por átomos que têm 5 ou mais elétrons na última camada energética, conforme ilustrado na Fig.6.



**Fig.6** Estruturas atômicas do Nitrogênio e do Enxofre.

Em condições anormais, um material isolante pode tornar-se condutor. Este fenômeno, denominado **ruptura dielétrica**, ocorre quando a quantidade de energia entregue ao material é tão elevada que os elétrons (normalmente presos aos núcleos dos átomos) são arrancados das órbitas, provocando a circulação de corrente.



**Ruptura dielétrica é o nome dado ao fenômeno pelo qual uma grande quantidade de energia transforma um material normalmente isolante em condutor.**

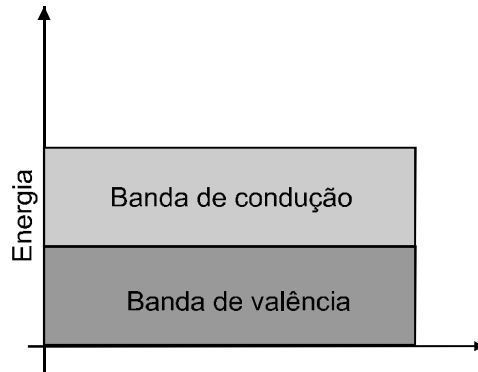
A formação de faíscas no desligamento de um interruptor elétrico é um exemplo típico de **ruptura dielétrica**. A tensão elevada existente entre os contatos no momento da abertura fornece uma grande quantidade de energia que provoca a ruptura dielétrica do ar, propiciando a formação da faísca.

## GRÁFICO ENERGÉTICO DOS MATERIAIS

A quantidade de energia necessária para um átomo liberar elétrons, tornando o material condutor, pode ser representada graficamente.



Nos materiais condutores, os elétrons da camada de valência estão fracamente ligados ao núcleo. Com uma pequena adição de energia, esses elétrons se liberam da banda de valência (camada externa) passando para a banda de condução onde se movimentam livremente (elétrons livres), conforme ilustrado na Fig.7.



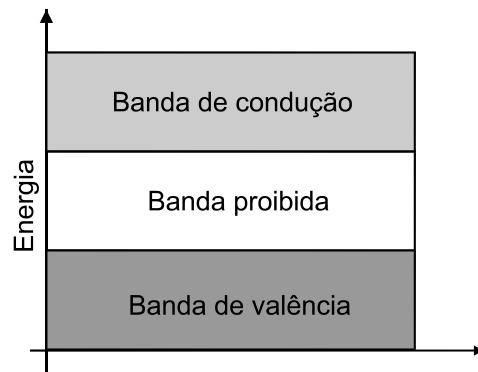
**Fig.7** Bandas de Energia.



*Os elétrons se movimentam livremente nos metais quando estão na banda de condução.*

Nos materiais isolantes, a energia necessária para “arrancar” os elétrons da camada de valência é muito grande porque estes elétrons estão fortemente ligados ao núcleo.

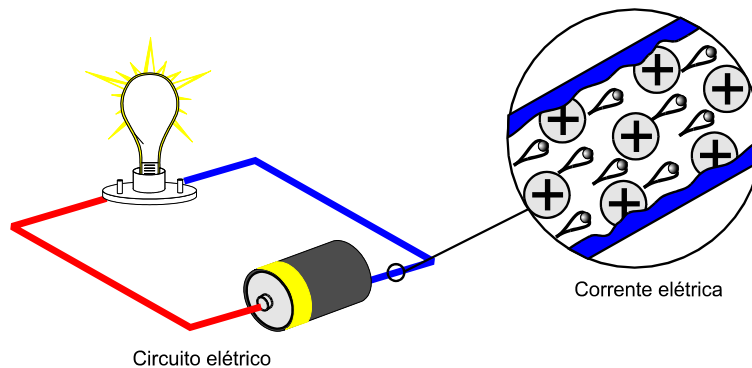
O gráfico das bandas de energia dos materiais isolantes da Fig.8 mostra, através da banda proibida, a grande quantidade de energia necessária para que um elétron passe da banda de valência para a de condução, rompendo, desta forma a capacidade de isolamento do material.



**Fig.8** Bandas de Energia e banda proibida.

# Circuito elétrico

Circuito elétrico é um caminho fechado por onde pode circular a corrente elétrica, como mostrado na **Fig.9**.



**Fig.9** Exemplo de circuito elétrico.

Os circuitos elétricos podem assumir as mais diversas formas, com o objetivo de produzir os efeitos desejados, tais como: luz, som, calor e movimento.

## COMPONENTES DO CIRCUITO ELÉTRICO

O circuito elétrico mais simples que se pode “realizar” é constituído de três componentes:

- Fonte geradora.
- Carga.
- Condutores.

### FONTE GERADORA

Todo circuito elétrico necessita de uma fonte geradora que forneça um valor de tensão necessário para a existência de corrente elétrica.

## CARGA

A carga (também denominada de “consumidor” ou “receptor” de energia elétrica) é o componente do circuito elétrico que transforma a energia elétrica fornecida pela fonte geradora em outro tipo de energia (mecânica, luminosa, térmica etc).

As cargas são objetivo fim de um circuito. Os circuitos elétricos são constituídos visando o funcionamento da carga. São exemplos de carga :

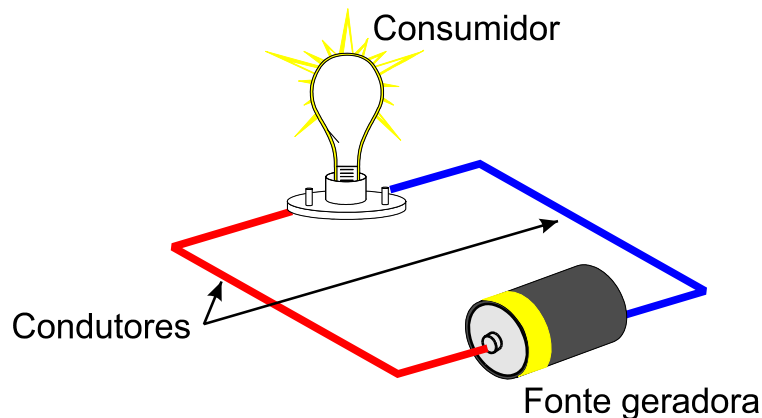
- Lâmpada: transforma energia elétrica em luminosa (e térmica, pois também produz calor).
- Motor: transforma energia elétrica em mecânica (movimento de um eixo).
- Rádio: transforma energia elétrica em sonora.

Um circuito elétrico pode ter um ou mais consumidores.

## CONDUTORES

Constituem o elo de ligação entre a fonte geradora e a carga. São utilizados como meio de transporte para a corrente elétrica.

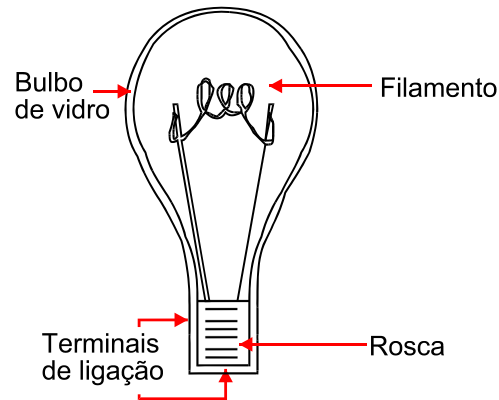
Uma lâmpada, ligada através de condutores a uma pilha, é um exemplo característico de circuito elétrico simples, formado por três componentes, conforme ilustrado na **Fig.10**.



**Fig.10** Circuito elétrico simples.

A lâmpada tem no seu interior uma resistência, chamada de filamento, que se torna incandescente quando percorrida por uma corrente elétrica, gerando luz.

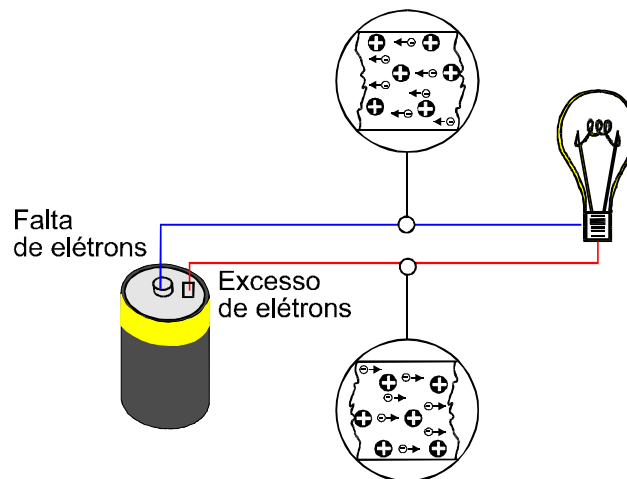
A **Fig.11** mostra uma lâmpada incandescente, com as partes indicadas. O filamento recebe a tensão através dos terminais de ligação.



**Fig.11** Elementos de uma lâmpada.

Quando a lâmpada é conectada à pilha por meio dos condutores, forma-se um circuito elétrico. Os elétrons em excesso no pólo negativo da pilha se movimentam através do condutor e do filamento da lâmpada em direção ao pólo positivo da pilha, como pode ser visto na **Fig.12**.

A **Fig.12** ilustra o movimento dos elétrons livres saindo do pólo negativo, passando pela lâmpada e dirigindo-se ao pólo positivo.



**Fig.12** Movimento de elétrons em um circuito simples.

Enquanto a pilha tiver condições de manter um excesso de elétrons no pólo negativo e uma falta de elétrons no pólo positivo, haverá corrente elétrica no circuito e a lâmpada se manterá acesa.

## SIMBOLOGIA DOS COMPONENTES DE UM CIRCUITO

Seria muito inconveniente, a cada vez que se necessitasse desenhar um circuito elétrico, ter que reproduzir os componentes na sua forma real.

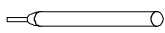
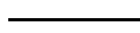
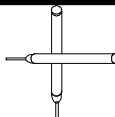

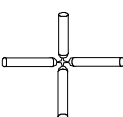
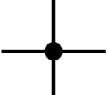

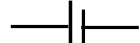


Por esta razão foi criada uma simbologia, de forma que cada componente é representado por um símbolo toda vez que se precisar desenhar um circuito elétrico.




*Símbolo é a representação gráfica de um componente.*

A **Tabela 2** mostra alguns símbolos utilizados e os respectivos componentes.

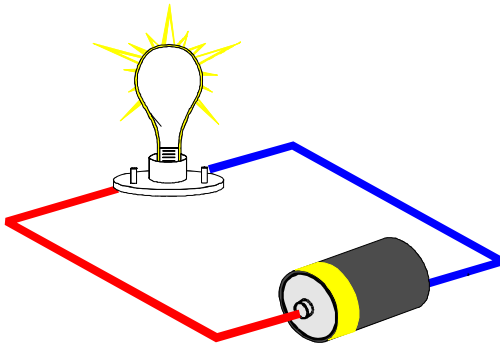
**Tabela 2** Simbologia de uma frequente em eletricidade

DESIGNAÇÃO	FIGURA	SÍMBOLO
Condutor		
Cruzamento sem conexão		
Cruzamento com conexão		
Fonte, gerador ou bateria		
Lâmpada		

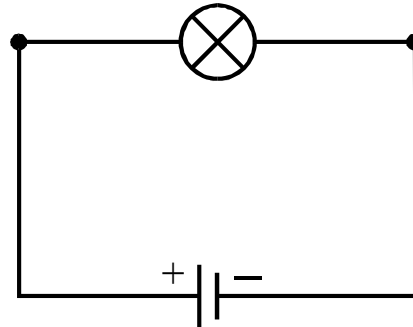
A representação gráfica de um circuito elétrico através da simbologia é denominada de “esquema” ou “diagrama elétrico”.

 *Esquema ou diagrama é a apresentação gráfica de um circuito elétrico empregando a simbologia.*

Empregando a simbologia, o circuito elétrico da **Fig.13** formado pela lâmpada, condutores e pilha se representa conforme o esquema da **Fig.14**.

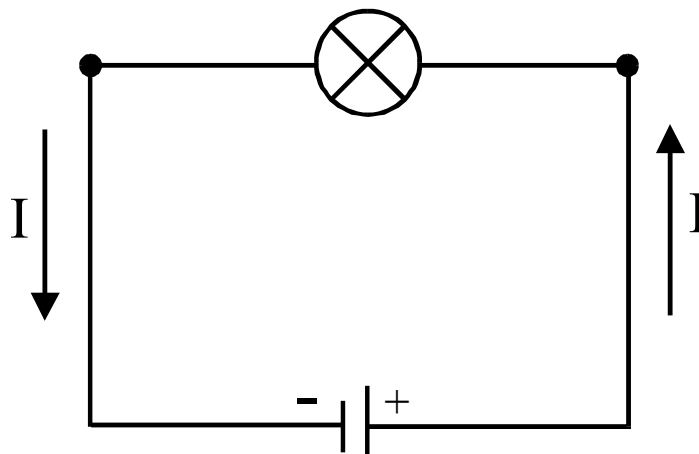


**Fig.13** O circuito elétrico simples.



**Fig.14** Esquema ou diagrama.

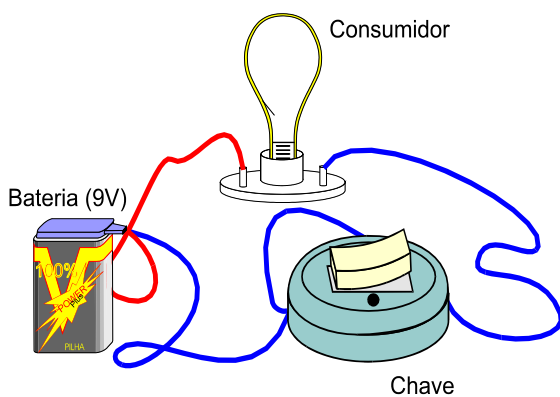
Quando se necessita representar a existência de uma corrente elétrica em um diagrama, utiliza-se normalmente uma seta acompanhada pela letra  $I$ , como pode ser visto na **Fig.15**.



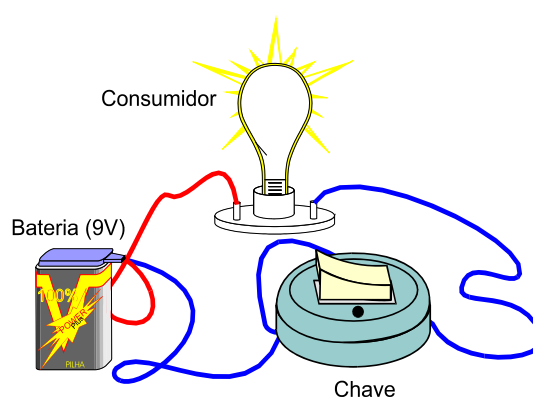
**Fig.15** Representação da corrente  $I$ .

## O INTERRUPTOR EM UM CIRCUITO ELÉTRICO

Os circuitos elétricos possuem normalmente um componente adicional além da fonte geradora, consumidor(es) e condutores. Este componente é o INTERRUPTOR ou CHAVE. Os interruptores ou chaves são incluídos nos circuitos elétricos com a função de comandar o seu funcionamento, conforme ilustrado nas **Figs.16 e 17**.

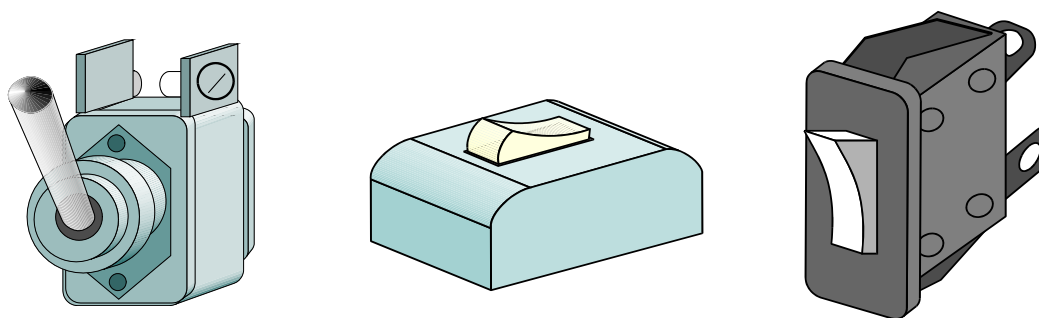


**Fig.16** Chave desligada.



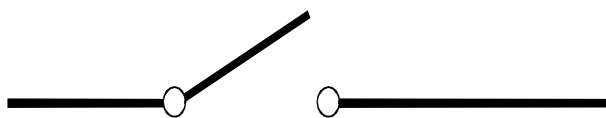
**Fig.17** Chave ligada.

Os interruptores ou chaves podem ter as mais diversas formas, mas cumprem sempre a função de ligar ou desligar o circuito, como pode ser visto na **Fig.18**.



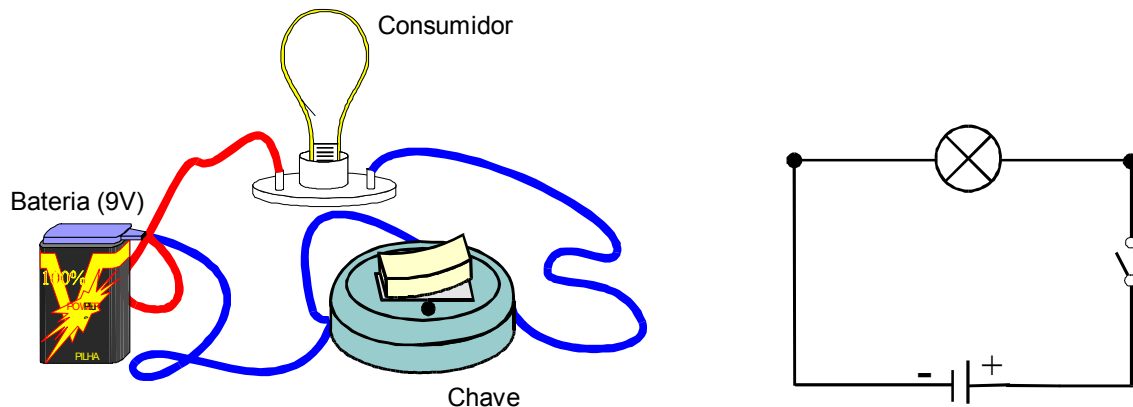
**Fig.18** Diversos tipos de chave ou interruptor.

Nos esquemas, os interruptores e chaves são representados pelo símbolo da **Fig.19**.



**Fig.19** Representação simbólica de chaves e interruptores.

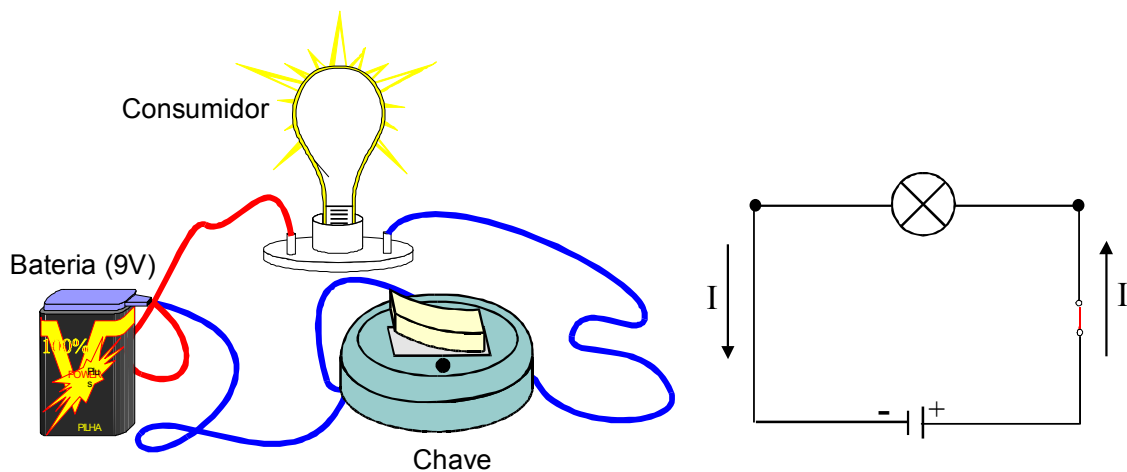
A **Fig.20** mostra o esquema do circuito elétrico da **Fig.16** acrescido do interruptor.



**Fig.20** Representação de uma chave na condição "desligado".

Na posição “desligado” ou “aberto”, o interruptor provoca uma abertura em um dos condutores. Nesta condição o circuito elétrico não corresponde a um “caminho fechado” porque um dos pólos da pilha (positivo) está desconectado do circuito.

Na posição ”ligado” ou “fechado”, o interruptor tem os seus contatos fechados, tornando-se um condutor de corrente contínua. Nesta condição, o circuito é novamente “caminho fechado” onde circula corrente elétrica, conforme ilustrado na **Fig.21**.



**Fig.21** Representação de uma chave na condição "ligado".



## O SENTIDO DA CORRENTE EM UM CIRCUITO ELÉTRICO

Antes que se compreendesse de forma mais científica a natureza do fluxo de elétrons, já se utilizava a eletricidade para a iluminação, motores e outras aplicações. Naquela época, estabeleceu-se por convenção, que a corrente elétrica se constituía de um movimento de cargas elétricas que fluía do pólo positivo para o pólo negativo da fonte geradora. Este sentido de circulação do mais (+) para o menos (-) foi denominado de **sentido convencional da corrente**.



*No sentido convencional da corrente, as cargas elétricas se movimentam do pólo positivo para o pólo negativo.*

Com o aprofundamento e melhoramento dos recursos científicos, verificou-se, mais tarde, que nos condutores sólidos a corrente elétrica se constituía de elétrons em movimento do pólo negativo para o pólo positivo. Este sentido de circulação foi denominado de **sentido eletrônico da corrente**.



*No sentido eletrônico da corrente, as cargas elétricas se movimentam do pólo negativo para o positivo.*

O sentido que se adota como referência para o estudo dos fenômenos elétricos (eletrônico ou convencional) não interfere nos resultados que se obtém, razão pela qual ainda hoje se encontram defensores para cada um dos sentidos.

Tendo em vista que toda simbologia de componentes eletrônicos foi desenvolvida a partir do **sentido convencional** da corrente elétrica (do mais para o menos), as informações relativas à Eletrônica destes fascículos utilizarão este sentido como referência.



*O sentido da corrente utilizado neste material instrucional será o convencional: do positivo para o negativo.*

# Apêndice

## QUESTIONÁRIO

1. O que são materiais condutores ?
2. O que são materiais isolantes ?
3. O que se entende por ruptura dielétrica ?
4. Explique o sentido convencional da corrente.

## BIBLIOGRAFIA

KOLLER, ALOIS. **O circuito elétrico**: EP 03 Der elektrische Stromkreis Trad. e adaptado pelo setor de Divulgação Tecnológica, Siemens. São Paulo, Siemens, 1975, 60pp.

SENAI: Departamento Nacional, **Circuito elétrico**. Rio de Janeiro, Divisão de Ensino e Treinamento, 1980, 49pp (Módulo Instrucional: Eletricidade - Eletrotécnica, 4).

VAN VALKENBURG, NOOGER & NEVILLE. **Eletricidade básica**. 15.<sup>a</sup> ed. São Paulo, Freitas Bastos, 1970, v.l.