

Eletricidade Básica

Unidade I
Conceitos e Grandezas de Eletricidade





Diretor Executivo

DAVID LIRA STEPHEN BARROS

Gerente Editorial

CRISTIANE SILVEIRA CESAR DE OLIVEIRA

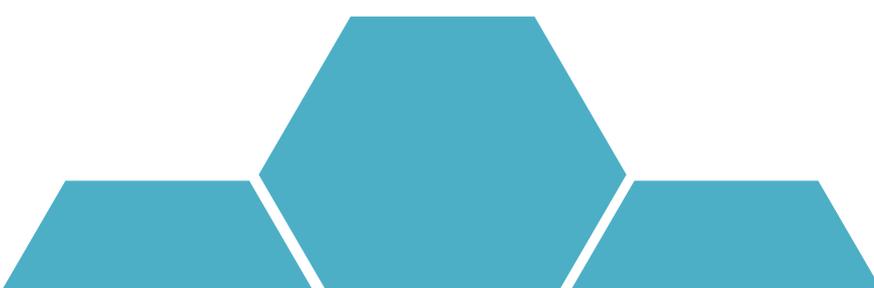
Projeto Gráfico

TIAGO DA ROCHA

Autoria

SAMARA RAFAELLA DE CARVALHO CHAVES

POLLYANNA T. T. B. NUNES



AUTORIA

Samara Rafaella de Carvalho Chaves

Sou formada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande, faço mestrado em Eletrotécnica na Universidade Federal da Paraíba e possuo experiência técnico-profissional na área de Telecomunicações. Passei por empresas com a Savenge Engenharia de Telecomunicações Ltda. Sou apaixonada pelo que faço e adoro transmitir minha experiência de vida àqueles que estão iniciando suas profissões.

Pollyanna T. T. B. Nunes

Sou formada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), especialista em Segurança do Trabalho e mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais pela UFRN. Tenho experiência em obras de pequeno e grande portes, como a Ponte Newton Navarro. Gosto de transmitir minha experiência de vida àqueles que estão iniciando em suas profissões.

Por isso, fomos convidadas pela Editora Telesapiens a integrar seu elenco de autores independentes. Estamos muito felizes em poder ajudar você nesta fase de muito estudo e trabalho. Conte conosco!

ICONOGRAFICOS

Olá. Esses ícones irão aparecer em sua trilha de aprendizagem toda vez que:



INTRODUÇÃO:
para o início do desenvolvimento de uma nova competência;



NOTA:
quando forem necessários observações ou complementações para o seu conhecimento;



EXPLICANDO MELHOR:
algo precisa ser melhor explicado ou detalhado;



SAIBA MAIS:
textos, referências bibliográficas e links para aprofundamento do seu conhecimento;



ACESSE:
se for preciso acessar um ou mais sites para fazer download, assistir vídeos, ler textos, ouvir podcast;



ATIVIDADES:
quando alguma atividade de autoaprendizagem for aplicada;



DEFINIÇÃO:
houver necessidade de se apresentar um novo conceito;



IMPORTANTE:
as observações escritas tiveram que ser priorizadas para você;



VOCÊ SABIA?
curiosidades e indagações lúdicas sobre o tema em estudo, se forem necessárias;



REFLITA:
se houver a necessidade de chamar a atenção sobre algo a ser refletido ou discutido sobre;



RESUMINDO:
quando for preciso se fazer um resumo acumulativo das últimas abordagens;



TESTANDO:
quando o desenvolvimento de uma competência for concluído e questões forem explicadas;

SUMÁRIO

Grandezas elétricas	12
Carga elétrica.....	12
Princípios da eletrostática.....	13
Eletrização.....	15
Tensão elétrica	16
Corrente elétrica.....	17
Tipos de corrente.....	18
Resistência elétrica.....	19
Efeito Joule	20
Condutores, isolantes e semicondutores	22
Condutores	22
Principais características dos materiais condutores.....	22
Materiais de elevada condutividade.....	23
Isolantes.....	24
Comportamento dos dielétricos em serviço.....	25
Materiais isolantes.....	26
Semicondutores.....	28
Principais dispositivos semicondutores.....	29
Inovações tecnológicas	30

Tipos de Eletricidade e Fontes de Energia33

Tipos de energia33

Fontes renováveis.....34

 Energia solar34

 Energia eólica35

 Energia hidráulica (usinas hidrelétricas) 36

 Biomassa37

 Energia geotérmica (ou geotermal)..... 38

Fontes não renováveis..... 38

 Petróleo..... 39

 Carvão mineral..... 40

 Urânio 40

Resistores, Indutores e Capacitores 42

Componentes ativos.....42

 Pilhas e baterias42

 Diodo.....43

 Transistor43

Componentes passivos44

 Resistores.....45

 Capacitores.....47

 Indutores 49

UNIDADE

01

INTRODUÇÃO

Você sabia que a área da eletricidade é uma das mais demandadas pela indústria e será responsável pela geração de milhares empregos nos próximos 10 anos? Isso mesmo. A área de eletrotécnica faz parte da cadeia de produção de uma empresa. Sua principal responsabilidade é entender e criar circuitos, proceder à instalação elétrica de uma residência ou indústria, fazer manutenção de equipamentos elétricos, acionamento de motores, aterramentos e proteções de segurança, entre outros. Entendeu? Ao longo desta unidade letiva, você vai mergulhar neste universo!

OBJETIVOS

Olá. Seja muito bem-vinda (o). Nosso propósito é auxiliar você no desenvolvimento das seguintes objetivos de aprendizagem até o término desta etapa de estudos:

1. Entender e calcular as principais grandezas elétricas;
2. Compreender os diferentes tipos de materiais elétricos;
3. Identificar os diferentes tipos de eletricidade e de fontes de energia elétrica;
4. Identificar os principais componentes resistivos e indutivos de corrente elétrica.

Então? Preparado para uma viagem sem volta rumo ao conhecimento?
Ao trabalho!

Grandezas elétricas



INTRODUÇÃO:

Ao término deste capítulo, você será capaz de entender sobre as principais grandezas elétricas e suas funcionalidades. Isso será fundamental para o exercício de sua profissão. Nesta seção, há uma revisão das principais grandezas e princípios de eletricidade utilizados no decorrer do curso.

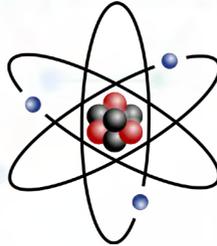
Carga elétrica

A carga elétrica é uma característica intrínseca da matéria. Ela é uma particularidade das partículas elementares, as quais compõem o átomo. Assim a matéria é constituída por átomos, e estes, por sua vez, são formados por elétrons, prótons, nêutrons e outros, sendo que:

- **Prótons:** encontram-se no núcleo atômico e possuem carga elétrica positiva.
- **Elétrons:** situam-se na eletrosfera (ou nuvem eletrônica), região que rodeia o núcleo do átomo. Os elétrons possuem carga elétrica negativa.
- **Nêutrons:** ficam no núcleo do átomo e não dispõem de carga elétrica, conhecidos como partículas neutras.

Na Figura 1, é possível ver um esquema de como as partículas citadas são distribuídas em um átomo.

Figura 1 – Estrutura simplificada de um átomo, com elétrons em azul, prótons em vermelho e nêutrons em preto



Fonte: Wikimedia Commons

A unidade de grandeza que representa a carga elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Coulomb, representado pela letra C, em referência ao físico francês Charles Augustin Coulomb. Para representar a carga de um elétron ou próton, foi formulada a chamada carga elétrica elementar, a qual representa a menor quantidade de carga que pode ser encontrada na natureza. A carga elementar possui valor igual a $1,6 \times 10^{-19}$ C e é atribuída ao elétron, com sinal negativo, e ao próton, com sinal positivo.

É importante frisar que todos os corpos são formados por cargas elétricas, mas isso não é fácil de se notar porque a grande maioria dos corpos ou materiais é eletricamente neutra, ou seja, eles têm a mesma quantidade de prótons e elétrons, formando uma carga elétrica nula. Há duas formas de eletrização:

- **Positiva:** quando há mais prótons que elétrons.
- **Negativa:** quando existe mais elétrons que prótons.

Princípios da eletrostática

A eletrostática é um ramo da física responsável pelo estudo dos fenômenos ligados às cargas elétricas estacionárias, em repouso. Seus princípios mais importantes são:

Princípio da conservação da carga elétrica: o somatório de toda a carga elétrica de um sistema eletricamente isolado do ambiente é constante.

Quantização da carga elétrica: a carga elétrica de qualquer corpo ou material é quantizada, ou seja, seu valor é sempre um múltiplo do valor da carga elétrica elementar. É um princípio óbvio, mas importante, pois se um corpo é formado de elétrons ou prótons, sua carga total deve ser um múltiplo da carga dessas partículas elementares. A carga elétrica é dada pela equação a seguir:

Fórmula: $Q = n \cdot e$ [Coulomb]

onde:

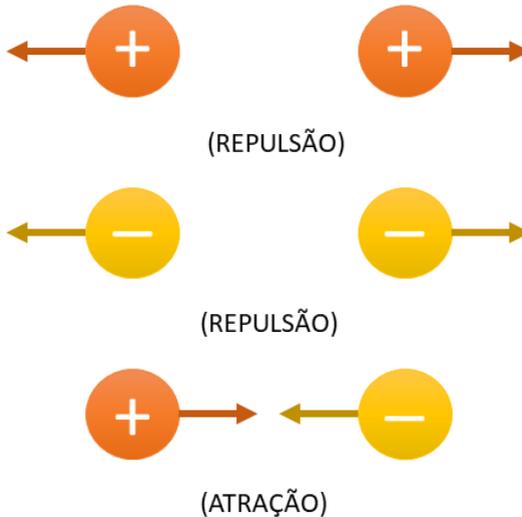
Q – Carga elétrica total em um corpo;

n – Número de elétrons perdidos ou recebidos;

e – Carga elementar: $1,6 \times 10^{-19}$ C.

Princípio da atração e repulsão das cargas elétricas: cargas com o mesmo sinal (positivo com positivo; negativo com negativo) se repelem e cargas com sinais opostos (positivo e negativo) se atraem. A Figura 2 representa esse princípio.

Figura 2 – Princípio da atração e repulsão de cargas elétricas



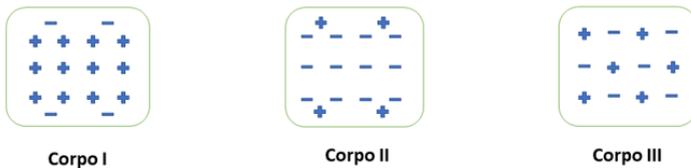
Fonte: Elaborada pelas autoras.

Eletrização

É possível utilizar alguns processos para adicionar ou remover elétrons de um corpo inicialmente neutro, fazendo com que este passe a ficar com uma carga líquida diferente de zero, podendo ser positiva (perdendo elétrons) ou negativa (ganhando elétrons).

Observe o esquema da Figura 3.

Figura 3 – Eletrização de diferentes corpos



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Analisando a Figura 3, pode-se dizer que: o corpo I está positivamente carregado, ou seja, possui um potencial positivo (falta de elétrons); o corpo II está negativamente carregado (excesso de elétrons); e o corpo III está eletricamente neutro (igual quantidade de elétrons e prótons).

Agora que já foi explanado sobre o que é um corpo eletricamente carregado, é possível falar sobre as formas de eletrização, a qual pode acontecer de três maneiras diferentes:

- **Eletrização por atrito:** ocorre caso dois corpos eletricamente neutros e de composição material diferente sejam friccionados entre si, em que um deles recebe elétrons (carga negativa adquirida) e o outro cede elétrons (apresentando carga positiva). Nesse caso, os dois corpos, ao serem separados, ficam com cargas de mesmo módulo (amplitude) e sinais contrários.
- **Eletrização por contato:** nesse tipo, são necessários dois corpos condutores (do mesmo material ou não), em que um deles possua carga líquida diferente de zero e o outro esteja inicialmente neutro. Nesse processo, os dois condutores são postos em contato e a carga elétrica do corpo energizado é redistribuída entre os dois

condutores, estabelecendo, assim, um equilíbrio eletrostático. Após o contato ser cessado, os dois corpos ficam com a mesma carga em amplitude e sinal.

• **Eletrização por indução:** para esse processo, são necessários dois condutores, um eletricamente carregado e outro neutro, ocorrendo em três etapas:

1. A princípio, aproxima-se o condutor carregado (positivamente ou negativamente) do condutor neutro, fazendo com que ocorra uma separação de cargas no último.
2. Posteriormente, o condutor neutro é conectado ao potencial da terra por meio de um fio ou cabo. Dessa forma, uma parte do condutor ficará eletricamente neutro, devido ao recebimento ou à doação de elétrons.

Finalmente, o fio terra é desconectado e o condutor ficará eletrizado com a mesma carga do outro condutor, mas com sinal contrário.

Tensão elétrica

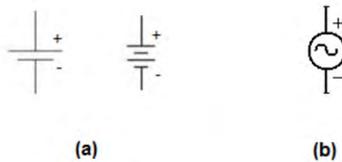
Quando há uma diferença da quantidade de cargas entre dois pontos, dizemos que há uma diferença de potencial ou tensão elétrica, que pode ser representada por V , v ou $v(t)$. A unidade de grandeza da tensão elétrica é o Volt (V), em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta, responsável por sua descoberta. Por exemplo, na tomada da sua residência, há um pino chamado fase, com 220 V (ou 110 V), e outro chamado pino neutro, com potencial 0 V. Devido a essa diferença de potencial, é possível que haja circulação de cargas quando é conectado algum aparelho à tomada. Por essa razão, a tensão também é conhecida como a relação da quantidade de energia que as cargas adquirem (por afastar um elétron de um próton) por cada Coulomb, ou seja, a medida em Volts (V) é igual à quantidade de energia que cada Coulomb possui (J/V), devido à separação de elétrons e prótons. Lembrando que a unidade de energia é o Joule (J).

Suponha que um corpo inicialmente neutro seja separado em duas regiões com cargas opostas. Cria-se uma tensão elétrica entre essas

regiões. Esse é o princípio básico de uma fonte de tensão, pois qualquer fonte de tensão é estabelecida simplesmente com a criação de uma divisão entre cargas negativas e positivas. Na Figura 4, são apresentados diferentes símbolos de fontes de tensão, sendo (a) fontes de tensão contínua e (b) fonte de tensão alternada.

Figura 4 – Símbolos de fonte de tensão

(a) Fontes de tensão contínua (b) Fonte de tensão alternada



Fonte: Lemes, 2016.

O potencial elétrico de um ponto é calculado como a razão entre a energia potencial no ponto (E_p) e o valor da carga (Q), ou seja:

Fórmula: $V = \frac{E_p}{Q} [Volt]$

Caso uma carga qualquer, de valor Q , seja deslocada do ponto A ao ponto B, a força elétrica realiza um trabalho para que seja possível esse deslocamento citado. Por isso, ocorre uma diferença de potencial elétrico (U), também medida em Volts. O cálculo da tensão elétrica também pode ser feito levando-se em consideração o trabalho realizado pela força elétrica (T) e a carga recebida (Q).

Fórmula: $U = V_A - V_B = \frac{T_{AB}}{Q} [Volt]$

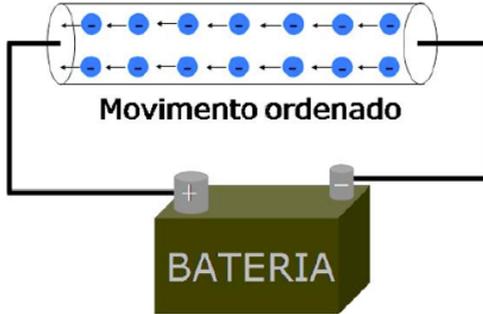
Quando uma carga de prova, carga com uma quantidade pequena em C, é sujeita a uma tensão elétrica de valor V , ela se moverá da região de maior potencial (ex.: 220 V) para a região de menor potencial (ex.: 0 V). Dessa forma, a tensão elétrica é responsável pelo aparecimento da corrente elétrica, a qual é explicada mais adiante.

Corrente elétrica

Para formalizar o conceito introduzido, podemos dizer que o deslocamento de cargas elétricas para uma determinada direção e

sentido é conhecido como corrente elétrica. Como mencionado, a corrente elétrica é originada por meio de uma diferença de potencial aplicada entre dois pontos quaisquer no espaço, na Figura 5, é mostrado o surgimento de uma corrente elétrica gerada por uma bateria (fonte).

Figura 5 – Exemplo de corrente elétrica



Fonte: Lemes, 2016.

A corrente elétrica também pode ser classificada como a quantidade de cargas elétricas que atravessam a seção transversal de um condutor em um dado tempo. O cálculo da intensidade da corrente (I) é feito pela equação a seguir e sua unidade no SI é o Ampère (A), em homenagem ao físico francês André-Marie Ampère, responsável pela formulação matemática da corrente.

Fórmula: $I = \frac{Q}{\Delta t}$ [Ampère]

Onde:

Q – Carga total que atravessa o condutor, corpo;

Δt – Intervalo de tempo considerado (em segundos).

Tipos de corrente

Há dois tipos de correntes elétricas e ambos são bastante utilizados. Apesar de tratarem da movimentação de cargas, os dois tipos são essencialmente diferentes, assim como suas finalidades. A saber:

- **Corrente elétrica contínua:** nesse tipo, os elétrons se deslocam apenas em um único sentido, ou seja, o movimento dos portadores

de carga que compõem a corrente acontece sempre da mesma maneira. A corrente originária de pilhas e baterias, ou da saída de retificadores, tem essa natureza.

- **Corrente elétrica alternada:** diferentemente da anterior, nesse tipo o sentido de movimentação dos elétrons é invertido periodicamente, ou seja, a cada ciclo, os elétrons se movimentam ora para a direita e ora para a esquerda, a depender da polaridade da fonte de tensão alternada. A corrente oriunda das tomadas residenciais é do tipo alternada. A transmissão e distribuição de energia elétrica é realizada por esse tipo de corrente, pois as perdas são muito menores se comparadas à corrente contínua.

Resistência elétrica

O conceito de resistência elétrica está associado à dificuldade que uma corrente elétrica tem de passar em determinado material. Há materiais utilizados como condutores que podem oferecer mais ou menos dificuldade à passagem dos elétrons. A esse impedimento que os materiais oferecem à passagem da corrente elétrica denominamos resistência elétrica (R), cuja unidade de grandeza é o Ohm (Ω) em homenagem ao físico alemão Georg Simon Ohm.

A resistência de um material depende de alguns fatores, entre eles:

- **Comprimento:** quanto maior for o comprimento de um material, maior será a sua resistência.
- **Seção transversal:** esse fator é inversamente proporcional à resistência do material, ou seja, quanto menor for a seção do condutor, maior será a dificuldade à passagem de corrente elétrica pelo material.
- **Resistividade:** esse fator costuma ser confundido com a resistência elétrica, mas a resistividade é uma característica intrínseca do material e corresponde à facilidade da transmissão da corrente elétrica pelo material, enquanto a resistência é o quanto o material resiste à passagem de corrente por ele. A unidade de resistividade no SI é Ohm-metros ($\Omega.m$).

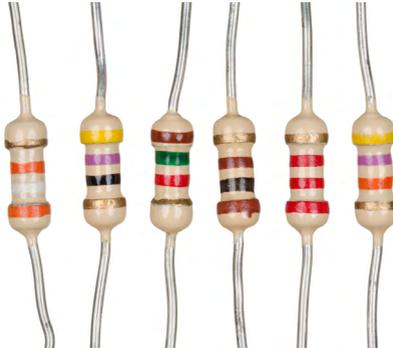
- **Temperatura:** a depender do tipo de material, pode aumentar ou diminuir sua resistência.

Efeito Joule

Em um condutor, a passagem de corrente elétrica por este, provoca aumento de temperatura no material, liberando calor. Esse acontecimento é conhecido como efeito Joule e acontece devido aos choques dos elétrons contra os átomos do condutor. Em termos práticos, o efeito Joule é a transformação de energia elétrica (corrente) em energia térmica (calor).

Em decorrência desse fenômeno, vários aparelhos residenciais têm seu funcionamento com base no uso da resistência elétrica, por meio de dispositivos conhecidos como resistores. Os resistores utilizam a rede elétrica para produzir calor, como, por exemplo, o chuveiro elétrico, a chapinha ou o secador de cabelo, o ferro de passar, o forno elétrico, entre outros. A Figura 6 ilustra alguns resistores comerciais, muito utilizados em eletrônica e eletrotécnica, cujo funcionamento é inspirado nesse conceito.

Figura 6 – Exemplos de resistores elétricos



Fonte: Wikimedia Commons



RESUMINDO:

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. Você deve ter aprendido que a carga elétrica pode ser positiva e negativa, com unidade em Coulomb, e aprendeu sobre os princípios da eletrostática, os quais são o princípio da conservação da carga elétrica, quantização da carga elétrica e o princípio da atração e repulsão das cargas elétricas. No item 1.1, você viu sobre os processos de eletrização, os quais podem ser por atrito, contato e indução. No item 1.2, você aprendeu o que é a tensão elétrica e que sua unidade é Volt. No próximo item, você compreendeu como funciona a corrente elétrica e que esta tem unidade em Ampère, podendo ser contínua e alternada. Por fim, você aprendeu o que é a resistência elétrica e os fatores que a influenciam. Viu que a unidade da resistência é o Ohm e ainda aprendeu sobre o efeito Joule, sua influência em aplicações em eletricidade e que desse efeito surgiu o resistor.

Condutores, isolantes e semicondutores



INTRODUÇÃO:

Ao término deste capítulo, você será capaz de entender a diferença entre os materiais condutores, isolantes e semicondutores. Nesta seção, são mostradas as características dos principais materiais utilizados em diversas aplicações em eletricidade.

Condutores

Há várias características importantes para citar a respeito dos materiais condutores, entre as quais, as mais importantes são: condutividade ou resistividade elétrica, coeficiente de temperatura, condutividade térmica, comportamento mecânico, potencial de contato etc. Essas características são importantes para a escolha de um condutor para determinado local ou aplicação, pois nem sempre o melhor é o que possui melhor condutividade (capacidade de transportar corrente elétrica), mas, sim, aquele que também possui uma boa resistência mecânica.

Os mais importantes materiais de elevada condutividade elétrica são os metais nobres e suas ligas, que possuem aplicações como condutores, enrolamentos de máquinas elétricas, entre outros. Em contrapartida, para certos propósitos, há interesse em materiais de alta resistência, geralmente ligas, com a finalidade de fabricação de resistores, aparelhos de calefação etc. Existe também o caso especial dos supercondutores, usados em casos bem específicos.

Principais características dos materiais condutores

Com o objetivo de fazer um aparato geral, são descritas as características a seguir:

- **Variação da resistividade com a temperatura e frequência:** se a temperatura do condutor aumentar, as partículas internas vibram com maior intensidade e interferem na movimentação dos

elétrons. Essa interferência causa perdas nos trajetos dos elétrons e, por consequência, há um aumento da temperatura do condutor.

- **Resistência de contato nos metais:** aplicando-se uma peça metálica sobre outra, para fins de contato elétrico, as placas continuam separadas, independentemente da pressão empregada, levando em consideração as distâncias atômicas. De fato, há pontos de contato perfeitos e no restante existem distâncias da ordem de μm , nos quais se reconhece a existência da resistência de contato. A relação entre os bornes de um contato e a intensidade da corrente que passa por estes é conhecida como resistência de contato. Essa resistência é não uniforme e dependente da pressão à qual estão sujeitas as peças (pressão de contato), da forma das peças, dos seus materiais, das suas seções transversais, do sentido da corrente que passa entre elas, entre outros. O alumínio apresenta resistência de contato muito grande, enquanto que o latão, a prata, o bronze, o cobre e o tungstênio são bons materiais para fazer contatos.

Materiais de elevada condutividade

Os metais constituem a maioria da tabela periódica, representando dois terços dela. Eles formam sólidos opacos, lustrosos e são bons condutores de eletricidade e de calor, entre outras características. A maioria dos metais é forte, maleável e de alta densidade.

A seguir são mostrados os principais metais utilizados como condutores.

- **Cobre e suas ligas:** o cobre cru ou duro é utilizado nas aplicações que requerem elevada dureza, resistência à tração e pequeno desgaste, como redes aéreas de cabo nu. Já nos enrolamentos, barramentos e cabos isolados, é usado o cobre mole ou recozido. Em muitos casos, o cobre não pode ser usado na forma pura, principalmente por aspectos econômicos. Dessa forma, as ligas de cobre passam a ser encontradas e sua composição vai depender do tipo de aplicação.

- **Alumínio e suas ligas:** o alumínio puro é utilizado em situações em que as solicitações mecânicas são pequenas, devido à sua fragilidade mecânica, como nos cabos isolados e nos capacitores. Há muitas ligas de alumínio encontradas em eletricidade, as principais com Cu, Mg, Mn e Si. Suas aplicações são variadas e vão desde cabos comuns, condutores usados em locais com maresia, até a construção de peças.
- **Chumbo:** em eletricidade, o chumbo geralmente é encontrado em finas chapas ou folhas, como nas blindagens de cabos, em acumuladores de chumbo-ácido, em paredes protetoras contra a ação de raios X, em elos fusíveis e em material de solda.
- **Prata:** metal nobre de maior uso na indústria, geralmente nas peças de contato. É usado puro ou em ligas, em partes condutoras que não podem oxidar com facilidade.
- **Ouro:** apresenta elevada condutividade elétrica e se destaca pela estabilidade química e resistência à oxidação. É encontrado em peças de contato em áreas de correntes baixíssimas, em que qualquer oxidação poderia interromper o circuito, como em peças de telecomunicações e eletrônica.
- **Ferro e aço:** há diversas aplicações do ferro e do aço em eletricidade, entre as principais, são encontrados em circuitos de tração elétrica, ligas de ferro para resistências elétricas, linhas aéreas, entre outros.

Isolantes

Se não existissem os isolantes, também conhecidos como dielétricos, muitas aplicações em eletricidade não seriam possíveis.

Os aspectos mais importantes desses materiais dentro da eletrotécnica são:

- São responsáveis pelo isolamento entre os condutores, entre estes e a massa ou terra, até entre os condutores e qualquer massa metálica próxima.

- Mudam significativamente o valor do campo elétrico em que estão inseridos.

Quando um isolante está sobre a influência de uma tensão elétrica, este é polarizado, ou seja, ocorre um deslocamento limitado de cargas, pois as moléculas dipolares constituintes estão orientadas. Para medir o grau de polarização do dielétrico, utiliza-se o valor da constante dielétrica e o ângulo de perdas dielétricas, caso a polarização venha acompanhada de dissipação de energia em forma de calor, aumentando a temperatura do isolante. O aquecimento faz com que fiquem poucas cargas livres no material e estas criem uma corrente de fuga, do isolante para a superfície. No entanto, grande parte dos dielétricos possui um deslocamento elétrico de cargas de forma linear e em função do campo elétrico no qual o material está inserido.

Comportamento dos dielétricos em serviço

Há diferentes tipos de isolantes, descritos mais a frente, mas, de uma forma geral, podemos citar suas principais características:

- **Resistência de isolamento:** medida do "grau" de impedimento à passagem de corrente elétrica enquanto há um campo elétrico atuando no dielétrico. Essa resistência não é constante e depende do tipo de isolante.
- **Resistência superficial:** parâmetro importante para os isoladores sólidos, pois, devido ao acúmulo de poeira e umidade, pode oferecer um caminho alternativo para a corrente passar, já que a resistência superficial é menor que a resistência do dielétrico. Isso é frequente em isoladores de linhas de transmissão expostos ao tempo e sem a manutenção devida.
- **Rigidez dielétrica:** valor máximo de campo elétrico que pode ser aplicado a um isolante sem que ocorra sua ruptura. É dependente da espessura do isolante, suas dimensões, sua forma, frequência da tensão aplicada, temperatura, grau de umidade, entre outros.
- **Perda nos dielétricos:** as perdas estão ligadas à corrente que percorre os isolantes, devido ao efeito Joule comentado anteriormen-

te, causando aumento da temperatura no material, mas não são tão importantes, desde que não ultrapassem a temperatura-limite imposta por cada fabricante.

- **Ruptura dos dielétricos:** acontece quando é aplicado um campo elétrico superior ao limite indicado pelo fabricante do dielétrico. A forma como a ruptura acontece depende do tipo de isolante. Por exemplo, ocorrendo uma ruptura no ar, após a contenção do arco elétrico, o ar continua com as mesmas propriedades disruptivas; já em isolantes sólidos, a descarga produz uma destruição do material no ponto em que ocorreu a ruptura.

Materiais isolantes

De acordo com seu emprego, alguns isolantes se saem melhor que outros e, às vezes, nem são aceitáveis quando o ambiente muda. Por exemplo, a porcelana é um isolante muito usado em isolamento de linhas aéreas, mas não serve como isolante para cabos de energia, pois não há a flexibilidade necessária. Já a borracha apresenta ótimas qualidades químicas, mecânicas e elétricas e, por isso, é muito utilizada em fios e cabos. Porém, ela não é completamente à prova d'água e não resiste a temperaturas elevadas, não sendo indicada como material isolante para ambientes com muita umidade ou altas temperaturas.

Por mais que alguns materiais ostentem propriedades elétricas como alta rigidez dielétrica, baixas perdas, alta resistividade, muito superiores a outros, isso não é o bastante para determinar sua aplicação caso essas qualidades não sejam acompanhadas de características químicas e mecânicas convenientes ao seu emprego. Para ilustrar esse fato, boas propriedades elétricas podem significar uma redução da espessura do dielétrico, necessário para usar nos condutores de máquinas elétricas; mas, se o isolante não for capaz de suportar os esforços mecânicos solicitados na construção e no funcionamento da máquina, de nada vale as boas propriedades elétricas do material.

Há uma infinidade de isolantes e, a título de conhecimento, a classificação a seguir foi elaborada para se informar um pouco mais sobre os mais comuns.

1. **Gases:** ar, azoto, anidro carbônico, hidrogênio, hexafluoreto de enxofre, gases raros.

2. **Líquidos:**

- Óleos minerais: usados em transformadores, interruptores e cabos.
- Dielétricos líquidos à prova de chamas: ascarel.
- Óleos vegetais: linhaça, tung.
- Solventes, utilizados em vernizes e compostos isolantes: álcool, benzeno, benzina, tolueno, terebintina, petróleo, acetatos amílicos e butílicos, nafta, acetona, tetracloreto de carbono.

3. **Sólidos (aplicados em estado líquido ou pastoso):**

- Ceras: parafina, ceras de abelhas de minerais.
- Resinas e plásticos naturais: materiais asfálticos, resinas fósseis e vegetais, goma laca.
- Resinas sintéticas: resinas fenólicas, borracha sintética, silicones.
- Compostos de celulose: acetato de celulose, nitrocelulose.

4. **Sólidos:**

- Minerais: mica, quartzo, mármore, pedra-sabão, ardósia, asbeto.
- Cerâmicos: vidro, micalex, porcelana.
- Materiais da classe da borracha: borracha natural, neoprene, buna.
- Materiais fibrosos: nylon, algodão, seda, celofane, madeira, papel, linha.

Os dielétricos podem ser classificados, ainda, de acordo com sua aplicação, principalmente no que toca à construção de máquinas e aparelhos elétricos, os quais possuem temperatura limitada pelos isolantes utilizados. O fator mais importante envolvendo a durabilidade dos dielétricos é a temperatura à qual eles são submetidos.

Semicondutores

Uma boa maneira de diferenciar materiais em aplicações com eletricidade é por meio da condutividade, que é o inverso da resistividade e corresponde à capacidade inerente do material de transportar cargas elétricas quando este está submetido a um potencial elétrico, com unidade de Siemens por metro (S/m). Os metais são bons condutores de eletricidade (condutividade próxima ou superior a 10^7 S/m), já os isolantes ficam na outra extremidade (condutividade entre 10^{-10} e 10^{-20} S/m) e os materiais semicondutores possuem condutividade intermediária (entre 10^{-6} e 10^{-4} S/m).

Os semicondutores mais conhecidos são o silício e o germânio, utilizados em grande escala com estruturas cristalinas similares. De modo geral, os materiais semicondutores são sólidos, sendo submetidos a uma temperatura de 0 K (zero graus Kelvin), e possuem todos os seus elétrons da camada de valência disponíveis na banda de energia mais alta. Nesta banda de energia, há um acúmulo de lacunas eletrônicas (buracos eletrônicos) devido a processos energéticos no material, como, por exemplo, a incidência de radiação eletromagnética. Caso o semicondutor esteja sob a influência de um campo elétrico, há também o transporte das lacunas na banda de valência, que possui uma energia menor que a banda de condução, em que há o transporte dos elétrons. Os semicondutores são bastante utilizados em processadores de vídeo, memórias de computador ou pen drives, chipsets etc.

O processo de fabricação de um chip pode ser resumido a seguir:

- **Projeto do chip:** etapa de planejamento do chip, feita por engenheiros de software. Nessa etapa, são criadas máscaras (uma planta especificando o funcionamento do chip) que serão utilizadas na fabricação do wafer.
- **Fabricação do wafer:** processo principal de fabricação do chip.
- **Preparação do núcleo:** consiste, principalmente, em cortar os chips do wafer.

- **Encapsulamento:** etapa em que os terminais e o invólucro são incorporados ao chip.
- **Teste:** o chip é testado e, depois, comercializado.

Principais dispositivos semicondutores

Nesta seção, são tratados os principais dispositivos semicondutores utilizados em aplicações envolvendo eletricidade, suas características e utilidades.

- **Diodo:** componente eletrônico constituído de cristal semicondutor de silício ou germânico, dopado com diferentes elementos para formar uma parte P (excesso de lacunas) e uma parte N (excesso de elétrons) e assim construir sua junção PN. Esse é o componente eletrônico mais simples, utilizado principalmente como retificador de corrente elétrica, ou seja, só deixa passar a corrente alternada em um sentido.
- **LED:** do inglês lighting-emitting diode, é um diodo emissor de luz quando está sob a influência de uma diferença de potencial elétrico. Seu funcionamento é similar ao diodo comum, só é capaz de deixar a corrente passar em um semiciclo da corrente alternada e, quando está polarizado diretamente (conduzindo corrente), emite luz. Os LEDs são utilizados em displays alfanuméricos, celulares, calculadoras, televisões, lâmpadas e uma infinidade de equipamentos.
- **Transistor:** seu processo de fabricação é semelhante ao do diodo comum, mas o transistor é formado por duas partes N e uma parte P (tipo N) ou duas partes P e uma N (tipo P). Os dois tipos possuem aplicações semelhantes, o que vai diferir é o sentido da corrente em cada um. Suas principais aplicações são para amplificar e chavear sinais elétricos. Por exemplo, os sinais elétricos de baixa intensidade, como os provenientes de um microfone, podem ser amplificados (tornados mais "fortes") por meio de um circuito eletrônico transistorizado. Dessa forma, o sinal gerado pelo microfone obterá potência suficiente para ser reproduzido em um

alto-falante. O processo do exemplo citado é denominado ganho de sinal.

- **Circuito integrado:** dispositivo microeletrônico composto de muitos transistores e outros componentes interligados. O conjunto é capaz de desempenhar muitas funções. Suas dimensões são bastante reduzidas e seus elementos são formados em pastilhas de material semicondutor. Graças à produção em larga escala de circuitos integrados, com o advento dos semicondutores, hoje os computadores estão cada vez menores e mais potentes.



SAIBA MAIS:

Caro aluno(a), no link a seguir, você poderá compreender melhor os dispositivos semicondutores.

[Clique aqui para acessar.](#)

Inovações tecnológicas

Por meio de muitas descobertas no ramo da eletrônica, principalmente devido aos semicondutores, muitas ciências se beneficiaram das inovações em seus materiais de uso e uma delas é a medicina. Atualmente, é impossível pensar em cirurgias ou diagnósticos sem um aparelho de raios X. É evidente que as operações dependem de algum equipamento eletrônico, visto que acontecem até mesmo operações a longas distâncias devido ao advento de satélites e da internet, em que há a interligação entre as salas de cirurgia e médicos que dão assistência remotamente. Outro exemplo de inovação envolvendo a medicina é o aparelho de ultrassom, extremamente necessário na gravidez para que a mãe e a equipe médica possam determinar o sexo do bebê e se este possui alguma anomalia. Todos os aparelhos citados possuem milhares de semicondutores, empregados nos chips.

De uma forma geral, com o desenvolvimento da Tecnologia da Informação, graças à produção em larga escala dos semicondutores, há um rastro de mudanças em que várias tecnologias se tornaram obsoletas,

como as máquinas de escrever, discos de vinil, CDs, DVDs, serviços de correio, entre outros. Com isso, uma nova geração de produtos equipados com capacidades computacionais surgiu, como os smartphones, tablets, calculadoras científicas, GPS e outros dispositivos acessórios capazes de se conectar à internet. A crescente utilização desses equipamentos motivou o surgimento de novas profissões e serviços com demandas que não existiam antes, um exemplo está relacionado à segurança, com o surgimento de modalidades criminais inéditas. Essas novidades estabeleceram novas necessidades, como mudanças jurídicas e a criação de serviços, sejam públicos ou privados, para cobrir uma lacuna que não havia, com a intenção de impedir práticas que causem prejuízos às pessoas.

As mudanças nas tecnologias do século XXI crescem conforme avançam as combinações entre hardware e software, mudando o fluxo econômico existente. O desenvolvimento causou a inclusão de tecnologias de cloudcomputing – serviços de computação e tecnologia da informação nos quais há o compartilhamento das atividades por meio da internet; big data – incontáveis quantidades de dados, estruturados ou não, que podem impactar os negócios do dia a dia; Internet of Things – vários dispositivos eletrônicos usados diariamente agora são ligados à internet, por exemplo geladeiras inteligentes; Redes Neurais Artificiais – métodos computacionais com o objetivo de “aprender” o funcionamento do cérebro do homem; outros sem-número de engenharias possíveis graças aos avanços tecnológicos envolvendo semicondutores.

**RESUMINDO:**

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. Você deve ter aprendido que há várias características que definem os condutores. Entre elas, a condutividade elétrica, o coeficiente de temperatura, a condutividade térmica, a variação de resistividade com a temperatura e frequência, e a resistência de contato nos metais. Viu também alguns dos materiais com elevada condutividade, entre eles, o cobre, o alumínio, o chumbo, a prata, o ouro, o ferro e o aço. Com os materiais isolantes, você compreendeu que eles funcionam de maneira contrária a dos condutores, ou seja, impedindo a passagem da corrente elétrica, e suas principais características são descritas pelas resistências de isolamento e superficial, rigidez e ruptura dielétrica. Também entendeu que há uma infinidade desses materiais, encontrados nos estados gasoso, líquido e sólido. Por fim, você aprendeu que os semicondutores possuem condutividade entre isolantes e condutores. Eles são muito utilizados em aparelhos elétricos e eletrônicos. Por último, viu quais são os dispositivos semicondutores mais conhecidos e as inovações tecnológicas possíveis graças à produção em larga escala desses materiais.

Tipos de Eletricidade e Fontes de Energia



INTRODUÇÃO:

Ao término deste capítulo, você será capaz de entender quais são os principais tipos de energia utilizados e as fontes de energia renováveis e não renováveis.

Tipos de energia

A energia é um insumo fundamental para o homem contemporâneo, suas fontes e seu uso consciente são questões importantes e atuais. Dessa forma, a sociedade utiliza as fontes de energia, sejam elas naturais ou artificiais, para a produção de algum tipo de energia. Por sua vez, a energia é responsável pela geração de trabalho, ou seja, pela produção de ação ou movimento.

Há vários tipos de energia, as mais utilizadas atualmente são:

- **Energia cinética:** relacionada ao movimento;
- **Energia mecânica:** tem relação à força;
- **Energia elétrica:** relacionada ao potencial elétrico;
- **Energia térmica:** relacionada ao calor, à temperatura;
- **Energia química:** tem relação com as reações químicas;
- **Energia hidrelétrica:** relacionada à água;
- **Energia nuclear (ou atômica):** relacionada à desintegração do núcleo da matéria;
- **Energia solar:** tem relação com o sol;
- **Energia eólica:** relacionada ao vento.

As diversas formas de energia têm relação com questões ambientais, pois, dependendo de como são usados os recursos energéticos, podem gerar graves impactos na natureza. De acordo com a habilidade natural

de reposição dos recursos, as fontes de energia são classificadas em **renováveis** e **não renováveis**, como mostrado a seguir.

Fontes renováveis

São classificadas como fontes de energia “inesgotáveis”, que podem ser repostas a curto/médio prazo, de forma espontânea ou com a intervenção humana. Elas também são conhecidas por fontes de energia ecológica, caso façam parte de uma política energética. As fontes de energia renováveis realizam um papel fundamental no desenvolvimento sustentável.

As fontes renováveis não aumentam o efeito estufa, possuem um impacto negativo menor ao meio ambiente quando comparadas a outros tipos não renováveis e ainda podem promover o progresso de zonas menos favorecidas, por meio do investimento no uso dessas energias e da criação de empregos para a população. As principais fontes de energias renováveis são descritas adiante.

Energia solar

É um exemplo de energia renovável obtida da luz do sol. Pode ser usada para o aquecimento de água (energia térmica) ou como fonte de energia elétrica. Seu funcionamento está baseado na captura dos raios luminosos do sol por meio de placas solares, as quais possuem a função de captar a energia luminosa e convertê-la em energia térmica ou solar. Atualmente, existem as chamadas usinas solares, que são formadas por inúmeros painéis solares para captar a energia e juntos formarem uma quantidade considerável de energia.

Por meio do método de aquecimento solar, a energia solar é utilizada para produzir energia térmica, que pode ser usada para aquecer a água em residências, piscinas ou indústrias. Os coletores solares são sistemas com área de cor escura, que absorvem a luz solar e transmitem o calor para a água que fica armazenada em reservatórios térmicos denominados boilers.

Quanto à energia solar elétrica, também conhecida como energia fotovoltaica, é uma das mais prósperas do mercado de energias renováveis. A vantagem mais visível é a quase total inexistência de poluição. Além da ausência de partes móveis passíveis de partir, não produz odores ou ruídos, possui baixo custo de manutenção e a vida útil do sistema é grande. Na energia solar elétrica, a luz do sol é absorvida nas células fotovoltaicas, feitas de material semicondutor, normalmente cristais de silício. As partículas de luz solar (fótons) quando entram em contato com os átomos de silício ocasionam a movimentação dos elétrons, formando uma corrente elétrica. A corrente pode ser usada para carregar uma bateria ou ser injetada em um inversor.

**SAIBA MAIS:**

Para saber mais sobre esse assunto, você poderá ver a diferença entre a energia solar fotovoltaica e energia solar térmica, [clique aqui](#).

Energia eólica

É uma fonte de energia renovável em que o vento é transformado em energia cinética e, a partir desta, em eletricidade por meio de equipamentos específicos. Desde a antiguidade, o vento é utilizado como um gerador de energia em sistemas com bombeamento de água, para moagem de grãos e para a movimentação de barcos. Hoje, esse tipo de energia é uma das mais procuradas entre as renováveis, além de ser uma excelente opção frente às fontes não renováveis que são usadas para o abastecimento em todos os países.

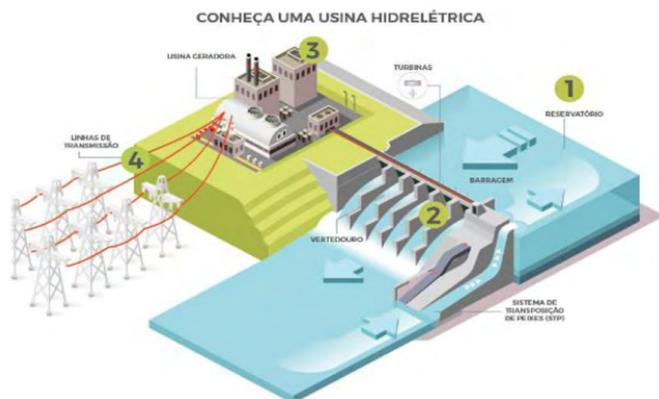
A energia eólica é produzida com a movimentação de grandes turbinas, denominadas de aerogeradores, os quais podem ser em formato de cata-vento ou moinhos. As turbinas eólicas são montadas em lugares onde existem os ventos chamados de predominantes e seu funcionamento básico é a transformação de energia cinética em energia mecânica ou elétrica. A quantidade de energia transferida depende da densidade do ar, da área de varrimento do motor da turbina e da velocidade do vento.

Energia hidráulica (usinas hidrelétricas)

É obtida a partir do curso de água e pode ser aproveitada por meio de um desnível ou queda d'água. As usinas hidrelétricas são responsáveis por cerca de 75% do abastecimento de energia elétrica no Brasil, e a conversão em energia elétrica ocorre quando a ação da água causa movimento nas turbinas hidráulicas, causando a conversão de energia mecânica em elétrica.

A disponibilidade anual desse recurso é dependente da quantidade de água acessível, em que fatores como o índice pluviométrico, o regime de funcionamento e de elaboração (com ou sem armazenado) e a bacia hidrográfica são extremamente importantes para um bom aproveitamento da usina. Na Figura 7, há um esquema do funcionamento de uma usina hidrelétrica.

Figura 7 – Esquemática do funcionamento de uma usina hidrelétrica



Fonte: Bergqvist, 2020.

1. A energia potencial gravitacional da queda d'água se converte em energia cinética e é obtida por meio do represamento da água.
2. O represamento gera uma pressão que converte a energia hidráulica em energia mecânica.
3. A energia mecânica obtida anteriormente é transportada para a turbina hidráulica e, nesta última, é convertida em energia elétrica.

4. Por fim, a energia elétrica produzida é conduzida para uma ou mais linhas de transmissão, interligadas às redes de distribuição de energia elétrica.
5. No entanto, parte dessa energia é “desperdiçada” em forma de calor, devido ao efeito Joule e outras influências nas linhas de transmissão.

Biomassa

A designação de biomassa engloba toda **matéria orgânica**, seja de origem vegetal ou animal, usada na produção de energia. A biomassa é adquirida por meio de vários recursos renováveis, tais como plantas, madeira, resíduos agrícolas, excrementos e até o próprio lixo. Utilizando tecnologias específicas, é possível usar as fontes de biomassa para a combustão e queima de materiais, para se obter energia térmica e, ainda, por meio da aplicação de processos físico-químicos ou bioquímicos, obter combustíveis líquidos ou gasosos.

Por se tratar de uma fonte de energia renovável e usando a intervenção humana de forma apropriada, a biomassa é uma alternativa viável para a troca dos combustíveis fósseis e poluentes, tais como o petróleo, o carvão e outros. A biomassa se renova por meio do ciclo do carbono, pois, com a queima da biomassa e seus derivados, ocorre a liberação de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Por meio da fotossíntese, as plantas transformam o CO₂ liberado na combustão em hidratos de carbono, ocasionando a liberação de oxigênio no ar.

Alguns dos produtos derivados da biomassa são descritos a seguir:

- **Biogás:** gás metano adquirido em conjunto com o dióxido de carbono em digestores como resultado da decomposição de resíduos alimentares, esgoto e excrementos.
- **Etanol:** o famoso álcool extraído do caldo da cana de açúcar, milho e da beterraba.
- **Biodiesel:** é obtido de óleos vegetais como a mamona, o dendê, a soja e outros.
- **Carvão vegetal:** decorre da carbonização da lenha.

Energia geotérmica (ou geotermal)

É um exemplo de energia renovável obtida por meio do calor proveniente do interior da Terra. Para ter acesso a esse tipo de energia, são necessárias grandes perfurações no solo, uma vez que o calor que pode ser aproveitado fica em uma parte abaixo da superfície terrestre. Assim, esse recurso é retirado de rochas quentes (secas e úmidas) e do vapor tórrido originário do interior terrestre.

A energia geotérmica começou a ser utilizada no início do século XX, apesar de já usada por povos mais antigos para banhos quentes e para cozinhar alimentos nas famosas fontes termais. Hoje, essa energia é gerada nas centrais geotérmicas, também conhecidas por usinas geotérmicas, que são construídas próximo a lugares onde há uma quantidade considerável de vapor e água quente. Os reservatórios geotérmicos suprem a energia requerida para alimentar as turbinas dos geradores e converter a energia térmica em eletricidade. Por se tratar de um recurso natural e renovável, gera baixo impacto ao ambiente, sendo empregada normalmente para cozinhar, aquecer casas, prédios, piscinas e até na produção de estufas para cultivo de vegetais.

Fontes não renováveis

As fontes de energia não renováveis são as que possuem suas reservas naturais em quantidades limitadas e cujo uso acarreta a escassez de suas reservas. Essas fontes são classificadas assim porque o seu processo de formação é extremamente lento, da ordem de milhares de anos, e o ritmo de consumo humano é muito rápido, o que faz as reservas se tornarem escassas.

São consideradas energias poluentes, visto que seu uso acarreta danos para o meio ambiente. Normalmente, essas fontes de energia são conhecidas como "convencionais" em razão da sua utilização generalizada, havendo uma dependência considerável, especialmente na economia de países não produtores. Adiante, as principais fontes não renováveis de energia são apresentadas.

Petróleo

Essa fonte é um óleo mineral, de coloração escura e cheiro poderoso, encontrado no fundo dos oceanos, nos solos e em rochas sedimentares. É muitíssimo empregado em combustíveis para transportes, representando uma das fontes de poluição atmosférica e causa de muitas disputas econômicas e combates armados.

O petróleo é um composto natural, formado de muitos elementos orgânicos, principalmente de hidrocarbonetos, que são moléculas de carbono e hidrogênio. Em seu estado puro, ele é constituído por base parafínica, base naftênica e base aromática. No entanto, a preponderância de algumas dessas bases encontradas em sua composição muda de acordo com sua procedência. Posteriormente aos processos de refinação e limpeza que modificam o estado natural do petróleo, aparecem seus derivados.

Os principais derivados estão listados adiante:

- **Gasolina:** um dos subprodutos do petróleo. É usada principalmente como combustível de meios de transporte. É encontrada em estado líquido, muito volátil e inflamável, sendo formada por mais de 400 hidrocarbonetos.
- **Querosene:** conhecido no dia a dia por óleo de parafina, ele é fabricado graças ao processo de destilação do petróleo, sendo um produto intermediário entre a gasolina e o óleo diesel. Formado de hidrocarbonetos, possui utilização como combustível de lâmparas, solventes, produto de limpeza etc.
- **Óleo diesel:** outro subproduto do petróleo, é uma substância viscosa, inflamável, volátil e tóxica, com grande parte da sua composição formada por hidrocarbonetos. Pode ser utilizado como combustível e na produção de energia elétrica.
- **Asfalto:** produto derivado do petróleo por meio de processo de evaporação ou destilação, de estado sólido, coloração escura, formado de hidrocarbonetos, em que o betume representa o elemento ativo do asfalto e lhe confere as particularidades de

impermeabilizante e aglutinante. É utilizado na pavimentação de estradas, fabricação de tintas e baterias eletroquímicas, entre outros.

- **Gás Liquefeito de Petróleo (GLP):** conhecido no cotidiano como gás de cozinha. Ele pode ser utilizado como combustível doméstico e é também artefato de alguns combustíveis industriais e aerossóis. É constituído de hidrocarbonetos, propano, propeno, butano e buteno, e encontrado no estado gasoso na temperatura ambiente.

Carvão mineral

É um tipo de combustível fóssil muito utilizado nas siderúrgicas e usinas termoelétricas para produção de energia. Trata-se de um recurso natural não renovável proveniente de restos de plantas ao longo de milhões de anos. O carvão mineral é uma rocha orgânica formada principalmente por carbono e hidrogênio. Ele foi o primeiro a ser usado em grande escala, tanto em processos industriais quanto em residências, e também o primeiro combustível fóssil a ser utilizado na produção de energia elétrica.

Fazendo uma comparação com os outros combustíveis fósseis, o carvão mineral é o que se avalia ter as maiores reservas, cerca de 200 anos. No entanto, ele também é o que mais provoca impactos ao ambiente no tocante à poluição e a alterações climáticas. O problema preponderante do uso desse carvão se dá na geração de poluentes devido à sua combustão, dado que a produção de energia se dá por meio de sua queima.

Urânio

É um elemento químico encontrado na natureza, que compõe a base do método de fissão nuclear, que se constitui como a técnica de divisão do núcleo atômico instável em outros núcleos mais estáveis. O processo de fissão nuclear acontece devido à incidência do nêutron sobre o núcleo do átomo. Com o bombardeamento de forma acelerada, o átomo que possui um núcleo passível de ser divisível, parte-se em dois. Em decorrência, surgem dois novos núcleos, e até três nêutrons podem

ser liberados, juntamente com uma grande quantidade de energia. Os nêutrons livres podem alcançar novos núcleos e criar novos nêutrons, gerando, assim, uma reação em cadeia, um processo contínuo que libera grande quantidade de energia nuclear.

O interesse em energia nuclear surgiu como uma solução plausível diante do problema do efeito estufa, dado que nesse processo não são jogados gases poluentes na atmosfera. Contudo, os riscos intrínsecos a esse tipo de produção de energia elétrica, como o perigo de explosão nuclear, as fugas radioativas, a geração de resíduos radioativos, o perigo de contaminação e o custo oneroso de construção e manutenção de instalação, a tornam um tópico de frequentes discussões públicas e políticas.

De fato, o rápido aumento no consumo de energia elétrica no mundo traz à tona os problemas do atual modelo energético e faz com que seja imprescindível se pensar em um novo modelo ou em formas alternativas de energia para suprir os problemas contemporâneos, levando-se em conta o binômio eficiência/poupança energética.



RESUMINDO:

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. No primeiro tópico deste capítulo, você viu a importância da energia para o homem e quais são as mais utilizadas (cinética, mecânica, elétrica, térmica, química, hidrelétrica, nuclear, solar e eólica). Posteriormente, você viu que as energias renováveis são aquelas que utilizam fontes consideradas ilimitadas, pois são encontradas facilmente na natureza. As principais são: solar, eólica, hidráulica (usinas hidrelétricas), a biomassa e a energia geotérmica (ou geotermal). Por fim, você viu as fontes de energias não renováveis, que são aquelas fontes cujas reservas são limitadas, pois a natureza demora milhares de anos para repor sua quantidade, e viu que as principais fontes de energia não renováveis são o petróleo, o carvão mineral e o urânio.

Resistores, Indutores e Capacitores

Objetivo: Ao término deste capítulo, você será capaz de entender quais são os principais tipos de componentes usados na eletricidade e classificá-los em passivos ou ativos. Entender as peculiaridades de cada tipo de componente permite evitar qualquer tipo de interferência que um componente pode causar em outro.

Componentes ativos

De acordo com a ótica da eletricidade, qualquer componente que é capaz de produzir energia elétrica a partir de outros tipos de energia é um elemento ativo. Como exemplo dessa definição, é possível citar as pilhas e baterias, nas quais há a conversão da energia química em energia elétrica por meio de reações químicas dos compostos.

De maneira mais abrangente, um elemento ativo é aquele capaz de converter qualquer tipo de energia, inclusive elétrica, transformando-a, ainda, em energia elétrica, mas provida de outras características diferentes das originais. Temos o exemplo de um dispositivo amplificador, o qual é capaz de reforçar a energia relativa a um sinal originalmente mais fraco. Os principais elementos ativos são descritos adiante.

Pilhas e baterias

Como mencionado, as pilhas e baterias são componentes capazes de converter energia química em elétrica. Essa conversão se dá por meio de uma reação espontânea de oxirredução na qual há a produção de uma corrente elétrica contínua. A pilha é um sistema formado por dois eletrodos (polos positivo e negativo) formando uma única unidade. A bateria é constituída por um conjunto de pilhas interligadas, com apenas o polo positivo e negativo do sistema acessível.

A pilha é a unidade base da bateria, pois esta última é formada de várias pilhas ligadas em série, com apenas dois terminais disponíveis para ligação.

Diodo

Esse componente foi descrito brevemente na seção de semicondutores. Descrevendo-o sob a ótica elétrica, o diodo é um dispositivo com dois terminais, o ânodo e o cátodo. Como o diodo só permite a passagem de corrente em um sentido, significa dizer que, quando for aplicada uma tensão positiva (ou superior à tensão do outro terminal) no ânodo e uma tensão negativa (ou inferior à tensão do ânodo), este estará diretamente polarizado. Quando a condição anterior não é satisfeita, o diodo está reversamente polarizado, deixando passar uma pequena corrente, de valor ínfimo, chamada de corrente reversa.

Na Figura 8, é mostrado um diodo facilmente encontrado no mercado, em que o cátodo está no terminal da parte cinza e o ânodo na parte preta; o sentido da corrente é do ânodo para o cátodo.

Figura 8 – Simbologia de um diodo



Fonte: Wikimedia Commons

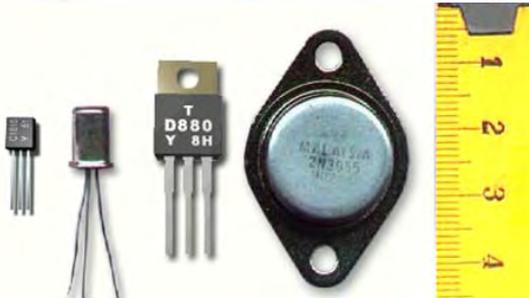
Transistor

Outro componente comentado na seção de semicondutores, o transistor possui várias aplicações dentro da eletrônica ou até da eletrotécnica (transistores de potência). De forma geral, ele pode operar na região de corte, impedindo a passagem de corrente; na região de saturação, deixando a corrente passar quase que livremente, sendo similar a um fio; e na região ativa. Nesta última, ele funciona como um amplificador de sinal, geralmente amplificando um sinal de corrente, sendo assim, um elemento ativo.

O transistor possui três terminais: a base, responsável por controlar a corrente e o ganho (número de vezes que o sinal vai ser amplificado);

o coletor, terminal que recebe o sinal; e o emissor, saída do sinal com o ganho considerado. São exibidos na figura a seguir alguns exemplos desse dispositivo.

Figura 9 – Tipos de transmissores



Fonte: A História da Computação, 2020.

Componentes passivos

São elementos também conhecidos com componentes básicos. Inversamente aos componentes ativos que convertem energia, os passivos apenas consomem energia. Esses elementos não são capazes de mudar a intensidade de um sinal de tensão ou corrente, apenas interagem com a energia elétrica, dissipando-a em outras formas, normalmente em forma de calor ou perdas. Apesar de não gerarem um ganho (aumento do sinal) nem mudarem a direção da corrente, alguns componentes passivos são capazes de armazenar energia.

É importante ressaltar que mesmo os elementos ativos podem ser considerados passivos devido às perdas de energia, ou por ter mais de um modo de operação e um desses funcionar de modo semelhante a um componente passivo. É possível exemplificar essa situação com uma antena de rádio, porque esta exerce as funções de transmitir e receber sinais eletromagnéticos. Na transmissão do sinal, é desejável que a energia produzida pelo equipamento de radioemissão seja difundida aos receptores do modo mais eficiente possível. Assim, a antena é um componente passivo, por apenas receber o sinal. Já na emissão, é desejável que a antena receba a energia irradiada anteriormente e a

transporte, como um sinal elétrico, para o aparelho receptor. Dessa forma, sob a ótica do receptor, a antena é vista como um elemento ativo.

Os principais componentes passivos são descritos adiante.

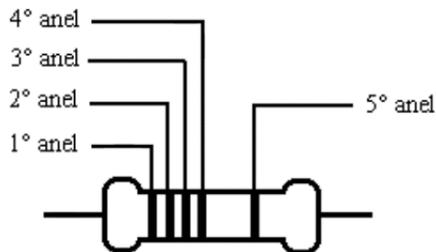
Resistores

Componente elétrico puramente passivo, que é o resultado principal da Primeira Lei de Ohm (descrita em outra seção a seguir). O resistor foi brevemente comentado na parte de lei de Joule e é mostrado na Figura 6. Em uma definição mais informal, resistores são elementos com a finalidade de controlar a passagem da corrente elétrica. A energia elétrica consumida por este é transformada inteiramente em calor.

A dedução matemática envolvendo os cálculos da resistência será feita na Unidade 2. Por hora, basta entender o que é um resistor e suas aplicações. Os resistores são elementos com dois terminais e não possuem polaridade, ou seja, não há “lado”. Dessa forma, pode-se conectar o resistor tanto do lado positivo como negativo da fonte, que não fará diferença.

Os resistores simples, encontrados em qualquer loja de eletrônica, são identificados por um código de cores. Na Figura 10, é mostrado como é feita a ordem as cores e na Tabela 1, o que cada uma delas representa.

Figura 10 – Indicação da ordem de representatividade das cores de um resistor comum



Fonte: Sanchez, 2016.

Tabela 1 – Código de cores de um resistor comum

Cor	1º Anel	2º Anel	3º Anel	4º Anel	5º Anel
Preto	-	0	0	10^0	-
Marrom	1	1	1	10^1	-
Vermelho	2	2	2	10^2	-
Laranja	3	3	3	10^3	-
Amarelo	4	4	4	10^4	-
Verde	5	5	5	10^5	-
Azul	6	6	6	10^6	-
Violeta	7	7	7	10^7	-
Cinza	8	8	8	10^8	-
Branco	9	9	9	10^9	-
Prata	-	-	-	0,01	$\pm 10\%$
Ouro	-	-	-	0,1	$\pm 5\%$
Nenhuma	-	-	-	-	$\pm 20\%$

Fonte: Sanches, 2016 (Adaptada).

EXEMPLO: Um resistor com as cores verde, azul, amarelo, vermelho e ouro, na ordem que aparece marcando os anéis da Figura 13, possui uma resistência de:

$R = 564 \times 10^3 \pm 5\% = 564 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ de tolerância para mais ou menos. (verde = 5; azul = 6; amarelo = 4; vermelho = potência de 10 elevada a 3; ouro = tolerância de $\pm 5\%$ em cima da resistência)

No mercado, ainda são encontrados outros tipos de resistores, alguns deles e suas aplicações são descritos a seguir:

- **Trimpots:** são resistores variáveis, formados por um anel de material resistivo envolto em um invólucro isolante. São usados para circuitos que não precisam mudar a resistência constantemente, seguindo apenas para regular o bom funcionamento do mesmo.
- **Potenciômetro:** também é um resistor variável, com construção semelhante ao anterior. A diferença agora é que há uma espécie

de chave que você pode regular a resistência manualmente, proporcionando um ajuste fino ao circuito em que está inserido.

- **LDR ou foto resistor:** resistor variável, o qual muda sua resistência de acordo com a intensidade luminosa que o atinge.
- **Resistores de fio enrolado:** são formados por um fio resistivo enrolado sobre uma parte de cerâmica. Possuem alta precisão e conseguem suportar altas temperaturas.

Capacitores

Um capacitor é um elemento cuja principal característica é poder armazenar energia sob a forma de um campo eletrostático. Isso acontece porque ele possui uma proporcionalidade entre a corrente em seus terminais e a variação da diferença de tensão nestes. A natureza dessa característica é conhecida como capacitância. Há muitos tipos de capacitores e o aspecto e características físicas e elétricas de cada tipo são dependentes do material usado e do processo empregado em sua fabricação.

Capacitores são fabricados por intermédio de duas superfícies condutoras, construídas em proximidade tal que as cargas elétricas existentes em cada uma tenham condições de produzir um campo elétrico que afete a superfície oposta. Assim, a estrutura é capaz de armazenar energia em um campo eletrostático e esse efeito é mais evidente quanto maior for a área das superfícies e mais próximas estiverem uma da outra. Os principais tipos de capacitores são mostrados adiante, juntamente com suas propriedades.

I) Capacitor de placas paralelas

O mais simples dos capacitores e que serviu de base para os seguintes. É formado por duas superfícies condutoras planas, separadas por um dielétrico (ar, óleo mineral ou outro isolante) a uma distância d . Sua capacitância é calculada conforme a equação a seguir, com unidade em Faraday, em homenagem ao físico inglês Michael Faraday, responsável por essa descoberta.

Fórmula: $C = \frac{\epsilon A}{d}$ [Faraday]

Onde:

C: capacitância, em Faraday;

ϵ : constante dielétrica do isolante = $\epsilon_r \epsilon_0$;

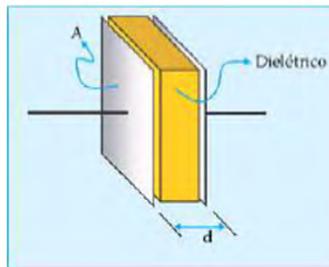
ϵ_0 : constante dielétrica do vácuo = $8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m;

d: distância entre as superfícies condutoras, em metros;

A: área dos condutores, em metros.

A depender do isolante utilizado, as perdas de energia serão maiores ou menores. Quanto maior a constante dielétrica do isolante, melhor, e o capacitor se aproxima mais do modelo ideal (sem perdas por efeito Joule) e há uma melhor dissipação de calor. Na Figura 11, é mostrado um desenho didático do capacitor.

Figura 11 – Esquema simplificado de um capacitor de placas paralelas



Fonte: Graça, 2017, p. 4.

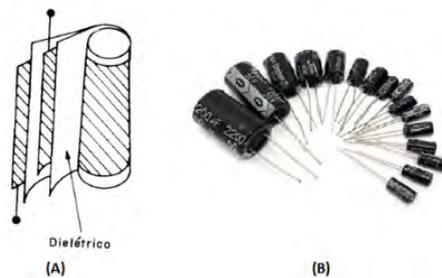
2) Capacitores de filme metalizado

Esses capacitores são obtidos por meio da decomposição de uma fina camada de material condutor, sobre um dos lados de uma película dielétrica flexível e de baixas perdas, como o poliéster. Posteriormente, as duas películas são enroladas sobrepostas, de forma que as superfícies condutoras não se toquem, dentro de um invólucro isolante, formando um capacitor de pequeno volume, mas de grande capacitância devido à proximidade das superfícies metálicas condutoras.

Ao se utilizar isolantes de outros tipos de materiais, é possível conseguir capacitores com as mais diferentes características e ter uma gama maior a depender do tipo de aplicação. Alguns dos dielétricos usados nos capacitores de filme metalizado são: mica, papel, stiroflex, polipropileno, poliéster, policarbonato, cerâmicas, entre outros. Na Figura 12, (A) é exibido um esquema desse tipo de capacitor e (B) estão diversos capacitores encontrados no mercado.

Figura 12 – Capacitores de filme metalizado

Esquema (B) Diferentes capacitores do tipo



Fonte: Sanchez, 2016 (Adaptada).

Indutores

Semelhante ao capacitor, o indutor é um elemento capaz de armazenar energia, só que, desta vez, na forma de um campo magnético. Essencialmente, um indutor é um fio de material condutor enrolado de forma helicoidal, podendo ser enrolado de forma autossustentada ou em volta de um determinado núcleo.

Quando uma corrente passa por esse fio enrolado, surge um campo magnético ao redor deste. Esse campo acompanhará as variações da corrente e atuará nas espiras (voltas do fio) do indutor. A consequência dessa propriedade é que a corrente que atravessa o indutor torna-se dependente do fluxo magnético gerado e essa característica é dada pela razão entre o fluxo magnético e a corrente, ou seja:

Fórmula: $L = \frac{\phi(t)}{i(t)}$ [Henry]

Onde:

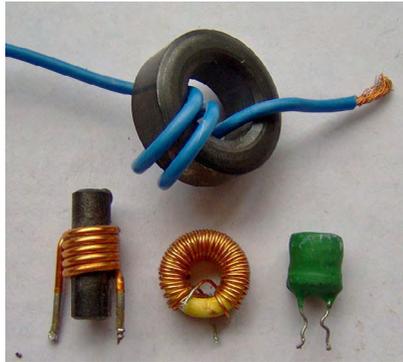
L: indutância, dada em Henry – H;

$\phi(t)$: fluxo magnético dependente do tempo, dado em Weber – W;

$i(t)$: corrente elétrica dependente do tempo, dada em Ampères – A.

A indutância também está relacionada com a tensão induzida por um campo magnético variante no tempo e a corrente responsável por este. Dessa forma, a tensão entre os terminais de um indutor é proporcional ao quanto a corrente que o percorre varia. Sua unidade no SI é Henry, em homenagem ao cientista americano Joseph Henry, responsável por essa descoberta. É possível ver na Figura 13 alguns exemplos de indutores.

Figura 13 – Exemplos de indutores



Fonte: Wikimedia Commons



RESUMINDO:

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. Você viu o quanto é importante entender a diferença entre componentes ativos e passivos, pois se não entender bem as características de cada tipo, é possível que haja algum tipo de interferência no circuito. Os componentes ativos são aqueles capazes de converter algum tipo de energia em outro, por exemplo, a pilha, mas há também aqueles que podem converter energia elétrica em elétrica com características diferentes da original, como é o caso do diodo e do resistor. Já os componentes passivos, ao contrário dos ativos, apenas consomem energia elétrica, o mais famoso desses componentes é o resistor, o qual é capaz de dissipar energia elétrica em energia térmica (efeito Joule); o capacitor, que é capaz de armazenar energia na forma de um campo eletrostático; e o indutor, que também pode guardar energia, mas na forma de um campo magnético.

REFERÊNCIAS

A HISTÓRIA DA COMPUTAÇÃO. Etapas da evolução dos computadores: Segunda Geração. [s. l.], 29 maio 2010. Disponível em: <https://ahistoriadacomputacao.wordpress.com/2010/05/29/etapas-da-evolucao-dos-computadores-segunda-geracao>. Acesso em: 22 nov. 2020.

ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. Fundamentos de circuitos elétricos. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2013. 896 p. ISBN 978-85-8055-173-0.

BERGQVIST, L. Fontes de energia. 2018. 15 f. Notas de Aula (Ensino Médio). Rio de Janeiro: Rede de Educação Marcelinas, 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (Brasil). Universidade Federal de Itajubá. Conservação de Energia: Eficiência de Equipamentos e Instalações. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 597 p. ISBN 856036900-7. E-book (621 p.).

FILHO, J. M. Instalações elétricas industriais. 9. ed. Brasil: LTC, 2017. 976 p. ISBN 9788521633419.

GRAÇA, C. O. Capítulo 8. In: GRAÇA, Cláudio O. Capacitores de placas planas paralelas. 2017. Apostila (Licenciatura em Física). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

JÚNIOR, A. J. S. Os semicondutores e sua aplicação na vida cotidiana. 2006. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2006.

LEMES, A. S. Apostila de eletricidade básica. 2016. 27 p. Apostila (Tecnólogo em Eletrotécnica); São Paulo: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, 2016.

MARTE, A. Dispositivos semicondutores. Disponível em: <https://www.fc.unesp.br/Home/ensino/pos-graduacao/programas/EducacaoparaaCiencia/revistacienciaeeducacao/cen02a17.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

MUNDO DA ELÉTRICA. O que é um diodo? [S. l.], 2020a. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-diodo>. Acesso em: 22 nov. 2020.

MUNDO DA ELÉTRICA. O que é um indutor? [s. l.], 2020b. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-indutor>. Acesso em: 22 nov. 2020.

ROLIM, J. G. Materiais elétricos. 2002. 108 p. Apostila (Bacharel em Engenharia Elétrica). Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

SANCHEZ, P. L. P. Práticas de Eletricidade e Eletrônica I. 2016. 35 p. Apostila (Tecnólogo em Eletrônica). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2016.

SANTOS, T. Energia solar fotovoltaica e energia solar térmica: entenda a diferença. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/energia-solar-fotovoltaica-energia-solar-termica-saiba-diferenca>. Acesso em: 22 nov. 2020.

SOUZA, L. A. "Qual a diferença entre pilhas e baterias?". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/qual-diferenca-entre-pilhas-baterias.htm>. Acesso em: 22 nov. 2020.

TEIXEIRA, M. M. "O que é carga elétrica?". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-carga-eletrica.htm>. Acesso em: 22 nov. 2020.

TEIXEIRA, M. M. "O que é resistência elétrica?". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-resistencia-eletrica.htm>. Acesso em: 22 nov. 2020.

Y. YU, P.; CARDONA, M. Fundamentals of semiconductors: physics and materials properties. 4. ed. Alemanha: Springer, 2010. 775 p. ISBN 978-3-642-00710-1. E-book (793 p.).

