

# TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA



## MÓDULO I ELETRICIDADE



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para [contato@ineprotec.com.br](mailto:contato@ineprotec.com.br).

**VERSÃO 2.0 (01.2025)**

Todos os direitos reservados à  
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli  
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja  
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF  
E-mail: [contato@ineprotec.com.br](mailto:contato@ineprotec.com.br)  
[www.ineprotec.com.br](http://www.ineprotec.com.br)



# Sumário

<b>ABERTURA</b>	06
<b>SOBRE A INSTITUIÇÃO</b>	06
• Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente	06
• Missão	06
• Visão	06
• Valores	06
<b>SOBRE O CURSO</b>	06
• Perfil profissional de conclusão e suas habilidades	07
• Quesitos fundamentais para atuação	07
• Campo de atuação	07
• Sugestões para Especialização Técnica	07
• Sugestões para Cursos de Graduação	08
<b>SOBRE O MATERIAL</b>	08
• Divisão do Conteúdo	08
• Boxes	09
<b>BASE TEÓRICA</b>	11
<b>INTRODUÇÃO</b>	11
<b>CONCEITOS ELÉTRICOS FUNDAMENTAIS</b>	11
• Corrente elétrica	11
✓ Movimento das cargas	11
• Potência elétrica	11
• Resistência elétrica	12
• Tensão elétrica	12
✓ Tipos de tensão elétrica	12
• Grandezas elétricas	12
✓ Unidades de medida	12
✓ Fórmulas básicas	13
<b>FONTES ELETRÔNICAS CC E MULTÍMETROS</b>	14
• Tipos de Fontes de Força	14

• Multímetro	16
✓ Tipos de multímetros	17
<b>LEIS DE OHM</b>	17
• Resistência Elétrica	18
✓ Resistores	18
• Leis de Ohm	18
✓ Primeira Lei de Ohm	18
✓ Segunda Lei de Ohm	19
<b>POTÊNCIA ELÉTRICA E ENERGIA ELÉTRICA</b>	19
• Potência Elétrica	19
✓ Efeito Joule	20
• Energia Elétrica	21
✓ O que é energia elétrica?	22
✓ Cálculo da Energia Elétrica	23
<b>ELETROMAGNETISMO, METAIS E NÃO METAIS</b>	23
• Eletromagnetismo	23
✓ Origem do eletromagnetismo	23
• Metais, não metais e metaloides	25
✓ Tabela Periódica	25
✓ Ligas metálicas	26
<b>PROPRIEDADES DOS MATERIAIS</b>	28
• Propriedades Físicas dos Materiais	29
• Propriedades Químicas dos Materiais	31
• Propriedades Mecânicas dos Materiais	32
✓ Elasticidade	33
• Propriedades Elétricas dos Materiais	33
✓ Materiais isolantes, condutores e semicondutores	34
✓ Materiais Magnéticos, Diamagnéticos, Paramagnéticos e Ferromagnéticos	
✓ Fibras Ópticas	39
✓ Supercondutores	41
<b>SESSÕES ESPECIAIS</b>	45

MAPA DE ESTUDO	45
SÍNTESE DIRETA	46
MOMENTO QUIZ	47
GABARITO DO QUIZ	49
REFERÊNCIAS	49



MÓDULO I

# ELETRICIDADE

## Abertura

### SOBRE A INSTITUIÇÃO

#### Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que, aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

#### Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes, tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

#### Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometido com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

#### Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

### SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS. Vejamos algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA relacionadas ao **perfil profissional de**

**conclusão e suas habilidades, quesitos fundamentais para atuação, campo de atuação** e, também, algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas e/ou Cursos de Graduação**.

### Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Planejar, controlar e executar a instalação e a manutenção de sistemas e instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, considerando as normas, os padrões e os requisitos técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Elaborar e desenvolver projetos de instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, sistemas de acionamentos elétricos e de automação industrial e de infraestrutura para sistemas de telecomunicações em edificações.
- Aplicar medidas para o uso eficiente da energia elétrica e de fontes energéticas alternativas.
- Elaborar e desenvolver programação e parametrização de sistemas de acionamentos eletrônicos industriais.
- Planejar e executar instalação e manutenção de sistemas de aterramento e de descargas atmosféricas em edificações residenciais, comerciais e industriais.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.

### Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento e implementação de sistemas elétricos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários.
- Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.

### Campo de atuação

- Empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que atuam na instalação, manutenção, comercialização e utilização de equipamentos e sistemas elétricos.
- Grupos de pesquisa que desenvolvam projetos na área de sistemas elétricos.
- Laboratórios de controle de qualidade, calibração e manutenção.
- Indústrias de fabricação de máquinas, componentes e equipamentos elétricos.



- Concessionárias e prestadores de serviços de telecomunicações.

### Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Automação Predial (Domótica).
- Especialização Técnica em Redes Industriais.
- Especialização Técnica em Acionamentos de Servomotores Industriais.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- Especialização Técnica em Energia Solar Fotovoltaica.
- Especialização Técnica em Implantação e Comissionamento de Parques Eólicos.
- Especialização Técnica em Biocombustíveis.
- Especialização Técnica em Biogás e Biometano.
- Especialização Técnica em Aproveitamento Energético de Biogás.

### Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Elétricos.
- Bacharelado em Engenharia Eletrônica.
- Bacharelado em Engenharia Elétrica.
- Bacharelado em Engenharia de Automação e Controle.
- Bacharelado em Engenharia de Telecomunicações.
- Bacharelado em Engenharia Mecatrônica.
- Bacharelado em Engenharia de Computação.

### SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, a fim de proporcionar subsídios suficientes a todos no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

## Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

### Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

### Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

### Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

## Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA, temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- VOCÊ SABIA



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

- PAUSA PARA REFLETIR...



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

- SE LIGA NA CHARADA!



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.



## Base Teórica

### INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, a energia está associada com o progresso e bem estar da sociedade sendo um indicativo do crescimento social e econômico de uma nação. Atualmente, ela tem sido motivo de preocupação mundial, já que grande parte das fontes utilizadas para a sua geração não são renováveis, o que leva a uma possibilidade cada vez mais iminente de um blecaute energético no longo prazo.

Um tema atual e de grande interesse é o estudo e planejamento da energia de forma sustentável, a fim de otimizar e conservar suas fontes, e a utilização de fontes alternativas e renováveis de energia. Este interesse é baseado no fato de que:

“A energia é a estratégia para o desenvolvimento”

### CONCEITOS ELÉTRICOS FUNDAMENTAIS

#### Corrente elétrica

A corrente elétrica é caracterizada como o fluxo ordenado de cargas elétricas, ou seja, elas se movem de forma orientada. Ela é uma das grandezas fundamentais da Física, porque sem a corrente elétrica, nenhum aparelho elétrico ou eletrônico funcionaria.

#### Movimento das cargas

Os elétrons livres são estimulados a se mover pelo condutor, gerando a corrente elétrica. Isso acontece por causa da diferença de potencial elétrico estabelecido entre as pontas do condutor.

A diferença de potencial elétrico de um condutor, é estabelecida a partir de um campo elétrico que atravessa aquele determinado material, formando níveis diferentes de energia potencial, resultando na tensão necessária para gerar o movimento das cargas elétricas.

#### Potência elétrica

A definição de potência elétrica basicamente é a velocidade com que o equipamento converte a energia elétrica em trabalho. Caso você não saiba, o watt (W) é a unidade de potência no sistema internacional de medidas.

Nos equipamentos elétricos, a potência indica qual a quantidade de energia elétrica que é transformada em outro tipo de energia por unidade de tempo. O micro-ondas, por

exemplo, precisa de uma determinada quantidade de watts (potência), para gerar o trabalho, que no caso deste equipamento é o aquecimento.

### Resistência elétrica

A resistência elétrica é caracterizada como a capacidade de um corpo se opor a passagem da corrente elétrica. Entenda que a resistência elétrica pode variar de acordo com a largura, comprimento, condições ambientais e natureza do material do condutor.

A temperatura pode interferir na resistência elétrica de um condutor. No sistema internacional, a unidade de medida da resistência é Ohm, que é uma homenagem ao alemão George Simon Ohm.

### Tensão elétrica

A tensão elétrica é caracterizada como uma diferença entre o potencial elétrico de dois pontos. Resumidamente, podemos dizer que a tensão elétrica é a força necessária para movimentar os elétrons, criando uma corrente elétrica.

Saiba que a diferença de potencial pode representar uma fonte de energia (força eletromotriz). E também pode representar uma perda de energia ou armazenamento (queda de tensão).

### Tipos de tensão elétrica

#### *Tensão contínua*

Quer dizer que ela não muda de polaridade no tempo. A pilha é um grande exemplo de funcionamento com tensão contínua, porque a polaridade da pilha sempre será a mesma no decorrer do tempo.

#### *Tensão alternada*

No caso da tensão alternada, a polaridade vai ser alternada de acordo com a frequência. Na tomada, a frequência normal é de 60 Hz, então significa que a polaridade desta tensão alterna 60 vezes por segundo.

### Grandezas elétricas

#### Unidades de medida

O Sistema Internacional (SI) também define as unidades de medida para essas grandezas elétricas, que são:

- ✓ Tensão = Volts (V).
- ✓ Corrente = Ampere (A).
- ✓ Potência = Watt (W).
- ✓ Resistência = Ohm ( $\Omega$ ).

### Fórmulas básicas

As duas principais fórmulas relacionadas às grandezas elétricas são:

$$P = V \cdot I$$

(Potência é igual a tensão multiplicada pela corrente)

e

$$V = R \cdot I$$

(Tensão é igual a resistência multiplicada pela corrente)

Onde:

- ❖ **P**: Potência (W)
- ❖ **V**: Tensão (V)
- ❖ **I**: Corrente (A)
- ❖ **R**: Resistência ( $\Omega$ )

A partir destas fórmulas, você pode manipular as variáveis e chegar às outras fórmulas que também são importantes. Ao manipular as variáveis, você encontra as fórmulas das outras grandezas elétricas como por exemplo, ( $V=P/I$ ) que é Tensão é igual a potência dividida pela corrente.

TABELA DE GRANDEZAS ELETROELETRÔNICAS MAIS COMUNS	
GRANDEZA	NOME
V	Volt
A	Ampère
$\Omega$	Ohm
VA	Volt-Ampère
W	Watt
F	Farad
Hz	Hertz
H	Henry
B	Byte
b	Bit

**Figura 1:** Tabela de Grandezas elétricas (grandezas eletroeletrônicas mais comuns).



**SE LIGA NA CHARADA!**PERGUNTA:

Willy estava preso havia anos. Hoje ele foi solto. Qual o nome do filme?

RESPOSTA:

Free Willy.

## FONTES ELETRÔNICAS CC E MULTÍMETROS

### Tipos de Fontes de Força

Os circuitos que usam transistores, diodos ou circuitos integrados geralmente precisam de uma fonte de força CC para sua operação. Existem basicamente três tipos de fonte de força CC:

- ✓ Pilhas e baterias;
- ✓ Geradores CC;
- ✓ Fontes de força eletrônica.

As pilhas e baterias produzem tensão CC através da ação química. Os geradores CC usam movimento mecânico para girar um condutor em seu campo magnético e assim produzir uma tensão CC pulsante.

Pilhas e baterias são atualmente muito utilizadas, pois os modernos circuitos em estado sólido requerem potências muito baixas comparadas com as necessárias aos antigos equipamentos à válvula. Pilhas e baterias são essenciais aos equipamentos portáteis e aos equipamentos instalados em locais distantes da energia CC.

Porém, um equipamento mais potente, nos quais o uso de pilhas ou baterias seria impraticável, a energia CC é fornecida por uma fonte de força eletrônica.

Uma fonte de força eletrônica é um circuito que fornece uma tensão CC para a operação de outros circuitos eletrônicos.

Existem as fontes eletrônicas que convertem tensão CA em CC e as que convertem tensão CC em CA, sendo a primeira a mais utilizada. A energia primária para a maioria das fontes de força eletrônica é a tensão CA de 60 Hz que encontramos nas tomadas.

A fonte converte esta tensão em tensão CC, à ser utilizado pelos circuitos eletrônicos, de acordo com as seguintes etapas:

- ✓ Ajuste da amplitude da tensão CA;
- ✓ Retificação;

- ✓ Filtragem;
- ✓ Regulagem.

A amplitude da tensão CA é ajustada usando-se um transformador de núcleo de ferro.

Este transformador pode ser projetado para elevar a tensão CA aplicada quando uma alta tensão CC de saída for necessária, ou pode ser projetado para reduzir a tensão CA quando uma baixa tensão de saída é requerida.

Após efetuado o ajuste da amplitude da tensão CA, a mesma é convertida em tensão CC. Este processo é chamado de retificação. A retificação é efetuada por diodos retificadores que, como já sabemos, são dispositivos que oferecem alta resistência ao fluxo de corrente em uma direção (de cátodo para ânodo) e baixa resistência no sentido oposto (de ânodo para cátodo).

A tensão de saída no retificador pode ser chamada de tensão CA retificada ou tensão CC pulsante. Como na saída da fonte precisamos de uma tensão CC sem variações, um circuito de filtro é empregado logo após o estágio retificador. Este circuito eliminará as pulsações existentes na saída do retificador. O filtro normalmente consiste de um capacitor, uma combinação de capacitores e indutores ou uma combinação de capacitores e resistores.

A tensão obtida na saída do filtro pode ser aplicada diretamente a carga. Porém, essa tensão poderá variar devido a variações da tensão CA de entrada e da carga. Essas variações poderiam prejudicar o desempenho do circuito em operação.

Para obtermos uma tensão de saída constante, um circuito regulador é colocado entre o estágio de filtragem e a carga. O regulador efetua as compensações necessárias causadas pelas variações da tensão CA de entrada e as variações de carga, mantendo a tensão de saída constante.

O regulador é normalmente um circuito de controle por realimentação, composto por transistores e outros semicondutores. Ao utilizarmos uma pilha ou bateria como fonte de energia a tensão fornecida pode não ser adequada ao circuito a ser alimentado.

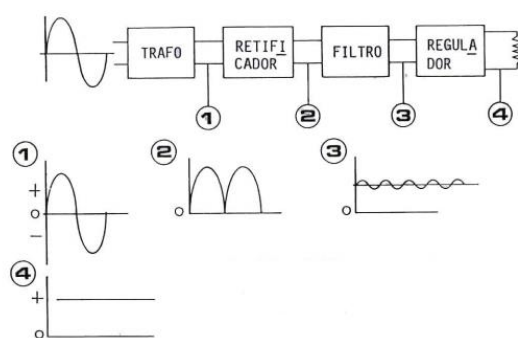
Neste caso, é necessária uma fonte que converta a tensão disponível na utilizável. Essas fontes são chamadas de conversores CC–CC. Essa conversão da tensão CC de uma dada bateria em um valor mais alto, implica na conversão da tensão CC da bateria em tensão CA, através de um dispositivo de chaveamento eletrônico.

Esta tensão é elevada ao valor desejado por meio de um transformador. A tensão alternada do secundário do transformador é então retificada para a tensão CC pulsante,

filtrada e aplicada à carga através de um regulador. Por último, existe o tipo de fonte de força que converte energia CC em CA, este é chamado de conversor.

Este dispositivo é necessário quando se necessita de energia CA e só se dispõe de baterias e pilhas como fonte de energia, ou seja, só de energia CC. Como no caso de conversor CC-CC a energia CC é transformada em CA, por meio de chaveamento eletrônico, em seguida é elevada ao valor desejado, retificada e filtrada.

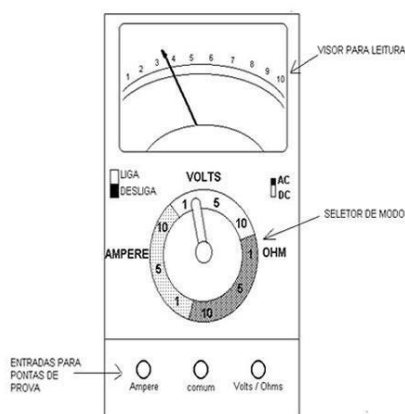
Os inversores são muito empregados em aeronaves, onde existem equipamentos que são alimentados com energia CA. A figura a seguir (*figura 2*) mostra o diagrama básico em blocos de uma fonte de força eletrônica.



**Figura 2:** Diagrama básico em blocos de uma fonte de força eletrônica.

## Multímetro

O multímetro é um aparelho de medida elétrica, capaz de realizar a medição elétrica de três tipos diferentes: Voltímetro, Ohmímetro e Amperímetro.



**Figura 3:** Multímetro.

### OBSERVAÇÕES:

O **multímetro** é uma ferramenta capaz de medir:

- 1) **Corrente elétrica** (contínua e alternada) – função amperímetro.
- 2) **Tensão elétrica** (contínua e alternada) – função voltímetro.
- 3) **Resistência elétrica** - função ohmímetro.
- 4) **Capacitância**.
- 5) **Frequência de sinais alternados**.
- 6) **Temperatura**, entre outros.

A definição sobre qual medição será realizada, acontece por uma chave rotativa que seleciona a função a ser realizada.

## Tipos de multímetros

Existem dois tipos de multímetros, são eles:

- Multímetros analógicos.
- Multímetros Digitais.

### *Multímetros analógicos*

Baseados nos Galvanômetros, cuja verificação da leitura acontece por meio de força eletromagnética em seu ponteiro.

### *Multímetros Digitais*

Composto por um componente eletrônico versátil, chamado de amplificador operacional. Tem como base uma alta resistência de entrada capaz de mudar o ganho de tensão, corrente ou resistências elétricas.

## LEIS DE OHM

As **Leis de Ohm**, postuladas pelo físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854) em 1827, determinam a resistência elétrica dos condutores.

Além de definir o conceito de resistência elétrica, Georg Ohm demonstrou que no condutor a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada. Foi assim que ele postulou a **Primeira Lei de Ohm**.

Suas experiências com diferentes comprimentos e espessuras de fios elétricos, foram cruciais para que postulasse a **Segunda Lei de Ohm**. Nela, a resistência elétrica do condutor, dependendo da constituição do material, é proporcional ao seu comprimento. Ao mesmo tempo, ela é inversamente proporcional à sua área de secção transversal.

## Resistência Elétrica

A resistência elétrica, medida sob a grandeza  $\Omega$  (**Ohm**), designa a capacidade que um condutor tem de se opor à passagem de corrente elétrica. Em outras palavras, a função da resistência elétrica é de dificultar a passagem de corrente elétrica.

### OBSERVAÇÕES:

A resistência de 1  $\Omega$  (ohm) equivale a 1 V/A (Volts/Ampère).

## Resistores

Os resistores são dispositivos eletrônicos cuja função é a de transformar energia elétrica em energia térmica (calor), por meio do efeito joule.

Dessa maneira, os resistores ôhmicos ou lineares são aqueles que obedecem a primeira lei de ohm ( $R=U/I$ ). A intensidade ( $i$ ) da corrente elétrica é diretamente proporcional a sua diferença de potencial (ddp), chamada também de voltagem. Por outro lado, os resistores não ôhmicos, não obedecem a lei de ohm.

## Leis de Ohm

### Primeira Lei de Ohm

A Primeira Lei de Ohm postula que um condutor ôhmico (resistência constante) mantido à temperatura constante, a intensidade ( $i$ ) de corrente elétrica será proporcional à diferença de potencial (ddp) aplicada entre suas extremidades. Ou seja, sua resistência elétrica é **constante**.

Ela é representada pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{U}{I}$$

Ou

$$U = R \cdot I$$

Onde:

- **R:** resistência, medida em Ohm ( $\Omega$ )
- **U:** diferença de potencial elétrico (ddp), medido em Volts (V)



- **I**: intensidade da corrente elétrica, medida em Ampére (A).

## Segunda Lei de Ohm

A Segunda Lei de Ohm estabelece que a resistência elétrica de um material é diretamente proporcional ao seu comprimento, inversamente proporcional à sua área de secção transversal. Além disso, ela depende do material do qual é constituída.

Ela é representada pela seguinte fórmula:

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

Onde:

- ❖ **R**: resistência ( $\Omega$ ).
- ❖  **$\rho$** : resistividade do condutor (depende do material e de sua temperatura, medida em  $\Omega \cdot m$ ).
- ❖ **L**: comprimento (m).
- ❖ **A**: área de secção transversal ( $mm^2$ ).



### PAUSA PARA REFLETIR...

A vida feliz consiste na tranquilidade da mente.

*Cícero.*

## POTÊNCIA ELÉTRICA E ENERGIA ELÉTRICA

### Potência Elétrica

A potência elétrica dissipada por um condutor é definida como a quantidade de energia térmica que passa por ele durante uma determinada quantidade de tempo.

Ela é representada pela fórmula:

$$Pot = \frac{E}{\Delta t}$$

(Potência elétrica é igual a energia sobre a variação do tempo)

Ou

$$Pot = U \cdot i$$

(Potência elétrica é igual a diferença de potencial elétrico vezes a corrente elétrica)

Onde:

- ❖ **Pot:** potência elétrica (W)
- ❖ **E:** energia (J)
- ❖  $\Delta t$ : variação do tempo (s).
- ❖ **U:** diferença de potencial elétrico (ddp), medido em Volts (V)
- ❖ **i:** intensidade da corrente elétrica, medida em Ampére (A).

### **OBSERVAÇÕES:**

A unidade de potência no sistema internacional de medidas é o **watt** (W), em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina à vapor.

No caso dos equipamentos elétricos, a potência indica a quantidade de energia elétrica que foi transformada em outro tipo de energia por unidade de tempo.

Por exemplo, uma lâmpada incandescente que em 1 segundo transforma 100 joules de energia elétrica em energia térmica e luminosa terá uma potência elétrica de 100 W.

### **EXEMPLO:**

Qual a potência elétrica desenvolvida por um motor, quando a diferença de potencial (ddp) nos seus terminais é de 110 V e a corrente que o atravessa tem intensidade de 20A?

#### **SOLUÇÃO:**

Para calcular a potência, basta multiplicar a corrente pela ddp, sendo assim temos:

$$P = 20 \times 110 = 2200 \text{ W}$$

Frequentemente, a potência é expressa em kW, que é um múltiplo do W, de forma que 1 kW = 1000 W. Sendo assim, a potência do motor é de **2,2 kW**.

### **Efeito Joule**

Os resistores são dispositivos elétricos que, ao serem percorridos por uma corrente, transformam energia elétrica em energia térmica.

Esse fenômeno é chamado de efeito Joule e neste caso, dizemos que o resistor dissipa a energia elétrica.

Aquecedores, chuveiros elétricos, secadores de cabelo, lâmpadas incandescentes, ferros de passar roupa são exemplos de equipamentos que utilizam esse efeito.

### *Cálculo da Potência no Efeito Joule*

Para calcular a potência elétrica em um resistor, podemos usar a seguinte expressão:

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

(Potência elétrica é igual a Resistência elétrica vezes a corrente elétrica ao quadrado)

Sendo:

- ❖ **P**: potência elétrica (W).
- ❖ **R**: resistência elétrica ( $\Omega$ ).
- ❖ **i**: corrente elétrica (A).

Usando a Lei de Ohm ( $U = R \times i$ ), podemos substituir a corrente na expressão anterior e encontrar a potência em função da diferença de potencial e da resistência. Nesse caso, teremos:

Sendo:

- ❖ **P**: potência (W).
- ❖ **U**: ddp (V).
- ❖ **R**: resistência ( $\Omega$ ).

### **Energia Elétrica**

A energia elétrica pode ser determinada a partir do produto da potência do equipamento pelo seu tempo de funcionamento.

Os avanços tecnológicos dos últimos séculos mostraram-se de extrema importância para a sociedade moderna. Equipamentos eletroeletrônicos, como computador, televisão, aparelhos de som, aquecedores e diversos outros, só existem graças à **energia elétrica**.

A descoberta das cargas elétricas por Tales de Mileto, na Grécia antiga, foi fundamental para a evolução tecnológica dos tempos modernos.

### O que é energia elétrica?

A energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho. Essa forma de energia pode ser obtida por meio da energia química ou da energia mecânica, por intermédio de turbinas e geradores que transformam essas formas de energia em energia elétrica.

A aplicação de uma diferença de potencial entre dois pontos de um condutor, gerando uma corrente elétrica entre seus terminais, origina o que entendemos como energia elétrica. Hoje em dia a **energia elétrica** é a principal fonte de energia do mundo.

A principal função da energia elétrica é originar outros tipos de energia, como a energia mecânica e a energia térmica.

### Cálculo da Energia Elétrica

Quando um equipamento elétrico fica em funcionamento durante um determinado intervalo de tempo, podemos calcular a energia elétrica que foi consumida.

Para fazer esse cálculo, basta multiplicar a potência do equipamento pelo tempo de funcionamento, assim a energia elétrica é encontrada usando-se a fórmula:

$$E_{el} = P \times \Delta t$$

(Energia elétrica é igual a Potência elétrica vezes a variação do tempo)

Sendo:

- ❖ **E<sub>el</sub>**: energia elétrica (J).
- ❖ **P**: potência elétrica (W).
- ❖ **Δt**: intervalo ou variação do tempo (s).

#### OBSERVAÇÕES:

No cotidiano, é muito comum o valor da energia elétrica ser expresso em **kWh**. Neste caso, para transformar de Joule para kWh, podemos usar a seguinte relação:

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

**EXEMPLO:**

Um aquecedor elétrico apresenta uma potência de 3000 W. Qual o custo mensal deste aquecedor ao ficar ligado durante 3 horas todos os dias? Considere que 1 kWh custa R\$ 0,40.

**SOLUÇÃO:**

Primeiro vamos calcular o valor da energia consumida pelo aquecedor em 1 dia:

$$E_{el} = 3000 \times 3 = 9000 \text{ Wh} = 9 \text{ kWh}$$

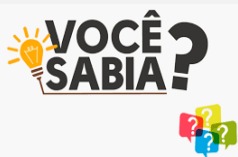
Como queremos saber do custo em 1 mês, vamos multiplicar esse valor por 30, assim encontramos:

$$E_{el} = 9 \times 30 = 270 \text{ kWh}$$

Finalmente, para encontrar o valor em reais, basta multiplicar o valor encontrado por 0,40, então:

$$\text{Valor} = 270 \times 0,4 = 108$$

Assim, custo do aquecedor ao final de 1 mês será de R\$108,00.

**VOCÊ SABIA?*****De onde vem o nome “Watts”***

A unidade de potência no sistema internacional de medidas é o **watt** (W), em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina à vapor.

No caso dos equipamentos elétricos, a potência indica a quantidade de energia elétrica que foi transformada em outro tipo de energia por unidade de tempo.

Por exemplo, uma lâmpada incandescente que em 1 segundo transforma 100 joules de energia elétrica em energia térmica e luminosa terá uma potência elétrica de 100 W.

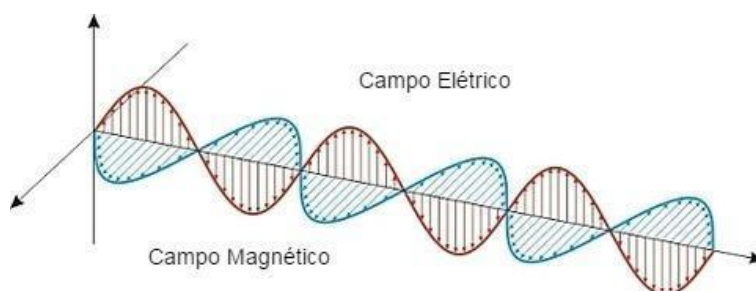
**ELETROMAGNETISMO, METAIS E NÃO METAIS****Eletromagnetismo**

Eletromagnetismo é o ramo da física que estuda a relação entre as forças da eletricidade e do magnetismo como um fenômeno único. Ele é explicado pelo campo magnético.

**Origem do eletromagnetismo**

Michael Faraday (1791-1867) descobriu os efeitos elétricos produzidos pelo magnetismo. Através desses efeitos, chamados de indução eletromagnética, ele explicou a natureza e as propriedades dos campos magnéticos.

Faraday explicou que o campo magnético é produzido pelas cargas elétricas geradas a partir do atrito entre os corpos que, por sua vez, sofrem atração ou repulsão.



**Figura 4:** A ligação de um campo elétrico com um campo magnético produz um campo eletromagnético.

É o mesmo que dizer que é possível gerar energia movimentando um ímã próximo a um indutor ou um condutor. Esse movimento faz com que os elétrons se movimentem, resultando em tensão elétrica, ou **energia eletromagnética**.

Isso acontece em decorrência da polaridade existente à matéria de qualquer corpo: carga positiva (próton), carga negativa (elétron) e carga neutra (nêutron).

O local onde essa força está concentrada é chamado de campo elétrico.

A força das cargas elétricas é calculada através da Lei de Coulomb. Além dessa lei, o entendimento acerca do campo magnético desencadeou muitas descobertas referentes a eletricidade.

Mas foi James Clark Maxwell (1831-1879) que conseguiu reunir o conhecimento existente acerca da eletricidade e do magnetismo.

Maxwell estudou o efeito de forma inversa àquela apresentada por Faraday. Assim, mostrando a variação do campo elétrico sob o campo magnético, propôs 4 equações, as chamadas equações de Maxwell, que estão inseridas no conceito de eletromagnetismo clássico.

O físico escocês mostrou a existência dos **campos eletromagnéticos**. Trata-se da concentração de cargas elétricas e magnéticas, as quais movimentam-se como ondas. Por esse motivo, são chamadas de ondas eletromagnéticas e propagam-se à velocidade da luz. A luz é um exemplo de onda eletromagnética.



O micro-ondas, o rádio e os aparelhos utilizados nos exames de radiografia são outros exemplos da presença das ondas eletromagnéticas.

As principais unidades utilizadas dentro do eletromagnetismo podem ser encontradas na tabela da “figura 5”

Unidades do Sistema Internacional		
Símbolo	Grandeza	Unidade
q	Carga Elétrica	Coulomb/C
I	Corrente Elétrica	Ampère/A
$\vec{B}$	Campo Magnético, Indução Magnética, Densidade de Fluxo Magnético	Tesla/T
V	Potencial Elétrico	Volt/V
R,Z,X	Resistência Elétrica	Ohm/ $\Omega$
P	Potência Elétrica	Watt/W
C	Capacitância	Farad/F
F	Fluxo Magnético	Weber/Wb
L	Indutância	Henry/H
G,Y,B	Condutância, Susceptância, Admitância	Siemens/S
$r$	Resistividade	Ohm metro/ $\Omega.m$

**Figura 5:** Tabela com as Unidades do Sistema Internacional (SI).

## Metais, não metais e metaloides

### Tabela Periódica

Os metais, não metais e metaloides são compostos com características diferentes, por isso são agrupados de forma distinta na tabela periódica.

1A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A  
 1 H He  
 2 Li Be  
 3 Na Mg 4B 5B 6B 7B 8B 9B 10B 11B 12B  
 4 K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn 13B 14B 15B 16B 17B 18B  
 5 Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd 19B 20B 21B 22B 23B 24B 25B 26B 27B 28B 29B 30B  
 6 Cs Ba \*La Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg 31B 32B 33B 34B 35B 36B  
 7 Fr Ra \*Ac Rf Ha 106 107 108 109 110 111 112  
 \*Lantanídeos 58 Ce 59 Pr 60 Nd 61 Pm 62 Sm 63 Eu 64 Gd 65 Tb 66 Dy 67 Ho 68 Er 69 Tm 70 Yb 71 Lu  
 + Actinídeos 90 Th 91 Pa 92 U 93 Np 94 Pu 95 Am 96 Cm 97 Bk 98 Cf 99 Es 100 Fm 101 Md 102 No 103 Lr  
 Radionuclídeos 3 H 14 C 40 K 60 Co 89 Sr 90 Sr 137 Cs 210 Pb 210 Po 222 Rn 226 Ra 228 Ra 228 Th 230 Th 232 Th 235 U 238 U

**Figura 6:** Tabela Periódica.

Você sabe localizar os metais, não metais e metaloides na Tabela Periódica? Pois bem, observe a tabela ilustrada na “figura 6”.

Comece pelo Boro (B), repare que os elementos posicionados abaixo dele, formam uma espécie de escada diagonal até o elemento Polônio (Po). Os elementos posicionados à esquerda desta linha, com exceção do Germânio (Ge) e Antimônio (Sb), dizem respeito aos metais. Os elementos que delimitam essa divisão são os metaloides, também conhecidos como semimetais. E todos os elementos à direita, juntamente ao hidrogênio (em vermelho), pertencem à classe dos não metais.

Vejamos agora algumas das propriedades desses elementos:

- ✓ **Metais:** a maioria apresenta-se no estado sólido, com exceção do mercúrio (Hg) que é líquido, possuem cor brilhante, são bons condutores de calor e eletricidade e são maleáveis (facilmente moldados).
- ✓ **Não metais:** alguns são líquidos, não são bons condutores de calor e eletricidade, e nem são passíveis de moldagem.
- ✓ **Metaloides:** possuem características intermediárias entre os metais e os não metais, como, por exemplo, são parcialmente condutores de eletricidade.

Diante deste exposto, podemos perceber que a tabela foi organizada com base nas características comuns dos elementos.

### Ligas metálicas

As ligas metálicas são materiais formados pela mistura de dois ou mais componentes, dos quais pelo menos um é metal. O metal deve, ainda, ser encontrado em maior quantidade na mistura.

Elas são criadas a partir do aquecimento entre os componentes da liga até os seus respectivos pontos de fusão, de modo conjunto ou isolado, seguido de esfriamento e solidificação.

As ligas se caracterizam por fornecer ou modificar propriedades que os metais não apresentam. Dentre estas características destacam-se:

- ✓ Condutividade elétrica e térmica;
- ✓ Resistência à corrosão;
- ✓ Brilho;
- ✓ Resistência mecânica;
- ✓ Temperatura de fusão.

Desse modo, as ligas oferecem propriedades que os metais isoladamente não possuem, contribuindo para que possam ser utilizados em diversas finalidades.



**Figura 7:** Produção de liga metálica.

#### *Tipos de ligas metálicas*

As ligas metálicas são divididas em:

- **Ligas metálicas ferrosas:** Apresentam o ferro como principal constituinte. Em geral, apresentam facilidade de sofrer corrosão (Exemplos: aço e ferro fundido).
- **Ligas metálicas não-ferrosas:** Como o nome indica, não apresentam ferro. São mais resistentes à corrosão (Exemplos: ligas de alumínio, bronze, latão e amálgama).

#### Aço

O aço é uma liga de ferro carbono, visto que é formado basicamente pelos dois elementos: ferro (98,5%) e carbono (0,5 a 1,7%), além de pequenas quantidades de silício, enxofre e fósforo.

Ele é usado para a fabricação de estruturas metálicas, especialmente da construção civil, que tendem a sofrer mais tração. Também é encontrado em painéis, pregos, parafusos, portas, portões e palhas de aço.

#### Aço inox

O aço inox é formado a partir do aço comum e apresenta ainda cromo e níquel.

A sua principal característica é que não enferruja, condição importante para evitar a corrosão dos materiais metálicos. Assim, é um bom material para produção de utensílios domésticos, instrumentos da construção civil e peças para automóveis e indústrias.

### Bronze

O bronze é uma liga metálica que têm como principais elementos o cobre e estanho. Pode ainda apresentar alumínio, silício e níquel.

É usado para produção de equipamentos industriais, ferramentas, conexões hidráulicas e objetos decorativos. Por muito tempo foi utilizado na composição de moedas.

### Ouro 18 quilates

O ouro 18 quilates é formado por ouro (75%), prata (13%) e cobre (12%). Essa composição garante a dureza, resistência, durabilidade e brilho, condições que permitem a utilização para produção de peças de joalheria.

O ouro puro é bastante maleável e por isso não é utilizado na produção de joias, sendo necessário acrescentar outros metais. O termo quilate refere-se à quantidade de ouro presente na liga.

### Latão

O latão apresenta em sua composição cobre (67%) e zinco (33%). Caracteriza-se por ser uma liga maleável, brilhosa e boa condutora elétrica e térmica.

É usado na produção de armas, munições, aparelhos médicos, parafusos, porcas, dobradiças, chaves, molas, metais sanitários e bijuterias.

### Amálgama

A amálgama possui em sua constituição prata (70%), estanho (18%), cobre (10%) e mercúrio (2%). A sua principal aplicação é para obturações dentárias.



#### **SE LIGA NA CHARADA!**

##### PERGUNTA:

O que é preto e branco, preto e branco e preto e branco?

##### RESPOSTA:

Um pinguim rolando morro abaixo.

## **PROPRIEDADES DOS MATERIAIS**

A propriedade de um material diz respeito ao tipo e a intensidade de uma resposta a um estímulo específico imposto ao mesmo (Callister Jr., 2002). Um material apresenta diferentes propriedades, entre as quais estão as físicas, mecânicas, ópticas, térmicas,

elétricas, magnéticas, entre outras, em função do tipo de estímulo que é capaz de provocar diferentes respostas.

Como exemplo, podem ser citadas as propriedades mecânicas, a saber, a resistência e o módulo de elasticidade, que caracterizam as deformações que um corpo sofre em função de uma determinada tensão aplicada sobre este. Outros exemplos representativos são a dilatação que um material sofre quando submetido a uma variação de temperatura e a capacidade que um corpo tem de conduzir eletricidade quando está sob a influência de um campo elétrico.

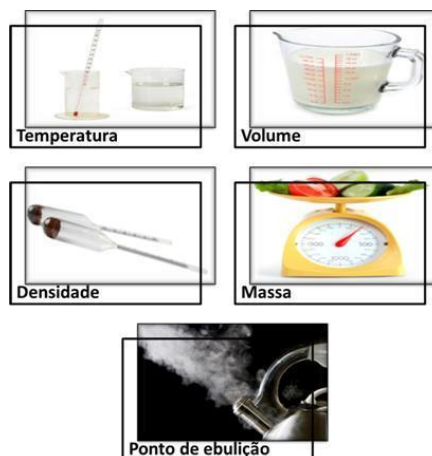
Dentre as propriedades dos materiais, destacaremos as seguintes:

- Propriedades Físicas dos Materiais.
- Propriedades Químicas dos Materiais.
- Propriedades Mecânicas dos Materiais.
- Propriedades Elétricas dos Materiais.

### Propriedades Físicas dos Materiais

As propriedades físicas dos materiais são aquelas que podem ser coletadas e analisadas sem que a composição química da matéria mude, ou seja, resultam em fenômenos físicos e não químicos.

Por exemplo, se pegarmos uma amostra de água de determinada massa, nós não mudamos a sua constituição, por isso a massa é uma propriedade física. Outro exemplo é a propriedade que a água tem de se evaporar, ela passa do estado líquido para o de vapor, mas continua com a mesma composição química. Assim, o ponto de ebulição é uma propriedade física. Outros exemplos são: volume, densidade, estado físico (sólido, líquido e gasoso), ponto de fusão, temperatura, cor e dureza.



**Figura 8:** Exemplos relacionados às propriedades físicas.

Entre essas propriedades físicas, citamos algumas que são também definidas como propriedades organolépticas, que são aquelas que podemos reconhecer com os órgãos dos sentidos (visão, tato, olfato e paladar), tais como o estado físico, a cor, o odor, a transparência e o brilho.

O engenheiro deve conhecer as propriedades físicas dos materiais, a fim de conhecer a sua adequada utilização de acordo com as exigências de uma dada construção. Por exemplo, em uma câmara frigorífica, uma exigência de desempenho básica é que o material a ser empregado tenha boas características de isolamento térmico. Já para o caso da condução de corrente elétrica, faz-se necessário que o material apresente uma baixa resistividade, como é o caso do cobre, por exemplo.

As propriedades físicas dos materiais dependem basicamente da sua homogeneidade e das suas características isotrópicas.

- a) **Materiais Isotrópicos:** apresentam, para uma dada propriedade, uma igualdade nas três direções (x, y, z), isto é, uma propriedade não vetorial.
- b) **Material anisótropo:** para uma dada propriedade há uma variação em, pelo menos, uma das direções (Grande parte dos materiais da natureza).

A anisotropia, segundo Callister Jr. (2002), está relacionada à simetria da estrutura cristalina, em que o grau de anisotropia aumenta em função da diminuição da simetria estrutural. Como exemplo, pode-se citar a madeira, cuja resistência mecânica é dependente do sentido de orientação das fibras. Na direção paralela às fibras, a resistência tende a ser maior do que na direção transversal ao sentido das fibras.

### *Massa Específica*

De acordo com Van Vlack (1970), essa propriedade tem influência significativa do núcleo do átomo, da sua estrutura química, da sua organização molecular e da eficiência de empacotamento.

$$\mu = \frac{m}{V}$$

Onde:

- ❖  $\mu$ : massa específica.
- ❖  $m$ : massa.
- ❖  $V$ : volume.



Unidades: kg/m<sup>3</sup>, g/cm<sup>3</sup>, kg/dm<sup>3</sup>.

- ✓ Densidade ≠ massa específica.
- ✓ Diferença mais conceitual do que prática.
- ✓ Densidade → relação entre a massa específica do mesmo e da água pura.
- ✓ Como a massa específica da água é igual a 1 g/cm → valores numéricos iguais, mas diferentes dimensionalmente.

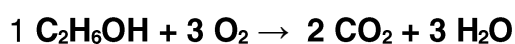
## Propriedades Químicas dos Materiais

A Química estuda os materiais, as transformações que eles podem sofrer e a energia envolvida nesses processos. Isso é importante por diversos motivos, dentre eles está o fato de que estudando os materiais, podem-se conhecer as suas propriedades e assim estabelecer um uso apropriado para eles.

As propriedades das substâncias podem ser classificadas de acordo com vários critérios, mas conheça a seguir os principais:

As propriedades químicas dos materiais referem-se àquelas que, quando são coletadas e analisadas, alteram a composição química da matéria, ou seja, referem-se a uma capacidade que uma substância tem de transformar-se em outra por meio de reações químicas.

Por exemplo, a **combustibilidade** é uma propriedade química, pois a água não tem essa propriedade, enquanto o álcool (etanol) tem. Quando o álcool queima, ele converte-se em outras substâncias (gás carbônico e água), como mostra a reação a seguir:

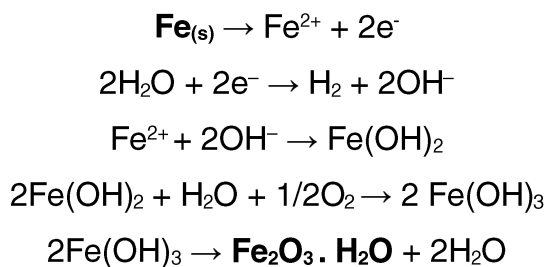


Outro exemplo é o enferrujamento do prego, que, em termos simples, é uma reação de oxidação do ferro, quando exposto ao ar úmido (oxigênio (O<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O)), formando o óxido de ferro (III) mono-hidratado (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · H<sub>2</sub>O), que é um composto que possui coloração castanho avermelhada, isto é, a ferrugem que conhecemos.



**Figura 9:** Exemplos de ferrugem (pregos enferrujados).

As reações envolvidas nesse processo são mostradas a seguir:



A propriedade química que o ferro tem, nesse caso, é de se oxidar. Outros exemplos de propriedades químicas são: explosão, poder de corrosão e efervescência.

### Propriedades Mecânicas dos Materiais

De acordo com Higgins (1982, p.59), “a resistência é uma medida das forças externas aplicadas ao material, as quais são necessárias para vencer as forças internas de atração entre as partículas elementares do mesmo”. Existem diversos tipos de ligações interatômicas, cada qual com uma determinada intensidade, que são preponderantes em determinados tipos de materiais.

Uma propriedade mecânica de importância nos materiais é a chamada tensão de engenharia ( $\sigma$ ), que é definida pela equação:



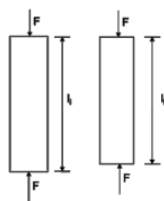
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

- $\sigma$  - tensão
- $F$  - carga aplicada
- $A_0$  - área da seção

**Figura 10:** Equação utilizada na engenharia para descobrir a tensão de um material.

Já a deformação específica ( $\varepsilon$ ) é definida como sendo a relação entre a variação de alongamento em um dado instante e o comprimento inicial do corpo de prova.

Para se verificarem as propriedades mecânicas dos materiais, existe um grande conjunto de ensaios que podem ser empregados, entre os quais os mais usuais são os ensaios de tração e compressão.



$$\varepsilon = \frac{l_f - l_i}{l_i} = \frac{\Delta l}{l_i}$$

- $\varepsilon$  - deformação específica
- $l_f$  - comprimento final
- $l_i$  - comprimento inicial
- $\Delta l$  - alongamento

**Figura 11:** Equação utilizada na engenharia para descobrir a deformação de um material.



## Elasticidade

Para pequenos níveis de carregamento, verifica-se que há um comportamento aproximadamente linear entre a tensão aplicada em um corpo e sua deformação. Com a retirada da tensão, a deformação cessa. Esse fenômeno é denominado de comportamento elástico do material. O exemplo da mola perfeita serve para ilustrar este comportamento. Na maioria dos casos, os materiais apresentam comportamento não lineares.

### Lei de Hooke

Exprime a proporcionalidade existente entre a tensão e a deformação de um material dentro do regime elástico. Macroscopicamente, o comportamento elástico de um material de Engenharia, considerando-se baixas tensões, pode ser explicitado pela lei de Hooke, representada pela equação:

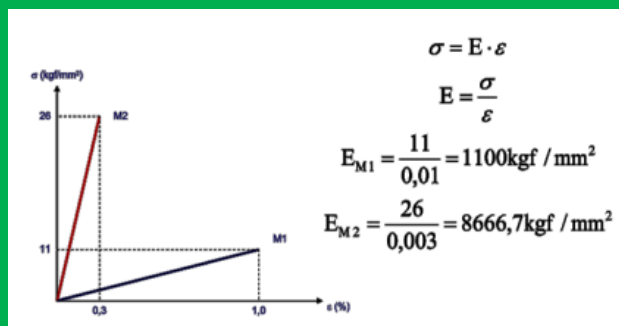
$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

- $\sigma$  = tensão
- $\varepsilon$  = deformação
- E = módulo de elasticidade ou módulo de Young
  - Grandeza que dá a medida da rigidez do material
  - Quanto maior o valor de E, menos deformável é o material

**Figura 12:** Equação utilizada na engenharia que serve para descobrir tanto a tensão, quanto a deformação de um material.

### EXEMPLO:

Como ilustração, propõe-se um exemplo com dois materiais hipotéticos M1 e M2, submetidos a um ensaio de tração. Os resultados de ensaio, considerando apenas a fase elástica dos materiais estão apresentados na figura a seguir (figura 13).



**Figura 13:** Exemplo do uso da fórmula utilizada na engenharia para calcular: tensão, deformação ou o módulo de elasticidade.

## Propriedades Elétricas dos Materiais

Os materiais comuns ou até fabricados artificialmente possuem muitas propriedades elétricas e podem ter comportamentos diferentes quando são colocados em campos elétricos. Alguns materiais conduzem bem a eletricidade em campos pequenos, enquanto outros não conduzem mesmo em campos elétricos grandes. Esse tipo de fenômeno é o que acontece com os materiais condutores e isolantes, respectivamente.

Os condutores, em sua maioria metais, são materiais pelos quais as cargas elétricas fluem mais facilmente. Quando uma corrente elétrica passa por um condutor, muitos elétrons livres se movimentam ao longo do material, sem apresentar muita dificuldade. A habilidade de um material conduzir melhor a corrente elétrica também depende das condições da matéria, como a temperatura e pressão em que se encontra. Até mesmo os melhores condutores, apresentam uma pequena, mas não desprezível, resistência a passagem de corrente e isto se deve a algumas condições em que o material é submetido, como a temperatura, por exemplo.

Quando o material não consegue conduzir ou quando conduz com muita dificuldade a eletricidade, necessitando de cargas elétricas muito altas, o material é considerado um isolante. Para este tipo, os elétrons estão firmemente presos aos átomos e não estão livres para se moverem quando são colocados em campos elétricos que podem ser aplicados em condições comuns, sendo muito utilizados para suportarem pequenas cargas elétricas.

### **Materiais isolantes, condutores e semicondutores**

Entre os isolantes e os condutores, estão os semicondutores. Em um semicondutor, a quantidade de elétrons livres é muito baixa, se comparado ao condutor, contribuindo menos para o fluxo de eletricidade no material. Em algumas situações, um material condutor pode facilmente fazer com que as cargas envolvidas fluam facilmente, sem nenhuma resistência, caso sejam submetidos a resfriamento até temperaturas muito baixas. Para essas situações, o material é classificado como supercondutor.

#### **OBSERVAÇÕES:**

Condutividade é a propriedade da matéria de permitir que as cargas elétricas fluem em seu interior. Bons condutores são materiais que permitem que os elétrons se desloquem facilmente.

Os metais, em geral, são ótimos condutores de eletricidade. Neles, os elétrons fluem com facilidade. Por isso, o cobre, o alumínio e o estanho costumam ser empregados na fabricação de fios elétricos.

Além dos metais, existem outros corpos condutores de eletricidade: o corpo humano, o solo, o ar úmido e outros. Os maus condutores de eletricidade são a borracha, o plástico, a cerâmica e etc. Esses objetos são muito importantes, pois, eles fazem com que não ocorra curto-circuito. Nesses materiais, os elétrons não conseguem se movimentar com facilidade.

Há também os semicondutores que permitem apenas alguma movimentação dos elétrons.

Neles, a condutividade pode ser manipulada, variando-se artificialmente a composição do material, conforme se queira, ou não, a passagem das cargas elétricas. São a base da indústria microeletrônica.

O silício (os chips que controlam equipamentos eletrônicos como calculadora e computadores) é o material semicondutor mais utilizado.

### *Materiais condutores e isolantes*

A característica que permite categorizar um elemento como bom condutor de eletricidade é o fato dos seus elétrons de valência, ou seja, aqueles que se encontram na última camada atômica, terem uma fraca ligação com os átomos. Dessa forma, eles se deslocam mais facilmente quando submetidos a uma diferença de potencial.

Entre os materiais que conduzem eletricidade estão:

- ✓ Cobre;
- ✓ Alumínio;
- ✓ Ferro;
- ✓ Soluções aquosas;
- ✓ Ar seco.

Em oposição, os elementos que são maus condutores elétricos são aqueles cujos elétrons contidos na camada de valência estão intensamente ligados aos átomos. Embora seja possível encontrar diversos elementos simples que apresentem elétrons presos com rigidez ao átomo, identifica-se uma resistividade muito mais alta em substâncias que combinem elementos, como é o caso do teflon, da borracha, da mica, entre outras.

Todos esses materiais citados são compostos que possuem excelente isolamento de correntes elétricas. Para ilustrar tal capacidade, basta saber que um metal, por exemplo, pode conduzir um milhão de trilhões de vezes mais eletricidade do que um isolante, tipo o vidro. Ou então, analisar que poucos centímetros de borracha para isolamento em um fio

elétrico duplo comum fazem com que os elétrons fluam por vários metros ao invés de passarem diretamente para o cabo vizinho.

São exemplos de materiais isolantes:

- ✓ Borracha;
- ✓ Papel;
- ✓ Plástico;
- ✓ Vidro;
- ✓ Madeira
- ✓ Cerâmica.

### A resistividade nos semicondutores

Como já foi definido, um elemento ou composto pode ser considerado condutor, ou isolante, dependendo de quão intensamente os átomos que constituem o material seguram os seus elétrons. Algo feito de cobre conduzirá bem a corrente elétrica, enquanto um pedaço de madeira serve como um bom isolante. No entanto, determinados materiais, como o germânio e o silício, não são bons condutores, mas também não são isolantes eficientes. Ambos os elementos se encontram no meio da tabela de resistividade elétrica, sendo condutores fracos quando em sua forma pura e tornando-se ótimos condutores quando se adicionam ou retiram elétrons da estrutura. Só é preciso que um átomo em 10 milhões seja substituído por alguma impureza para que a mudança aconteça.

Esses materiais, que agem algumas vezes como condutores e outras vezes comportam-se como isolantes, recebem o nome de semicondutores. E a variação entre condutor e isolante confere a eles diversas finalidades. Camadas finas de elementos semicondutores sobrepostas formam os transistores, que são utilizados para controlar o fluxo da corrente em circuitos, bem como para perceber e amplificar sinais de rádio. Também produzem oscilações elétricas em transmissores e funcionam ainda como chaves digitais. Esses minúsculos dispositivos foram os primeiros itens elétricos em que materiais com propriedades elétricas distintas não foram ligados por fios, mas unidos fisicamente numa única estrutura. Eles demandam pouca potência e, se usados corretamente, têm uma longa vida útil.

Um semicondutor também será capaz de conduzir eletricidade quando uma luz de cor apropriada incidir sobre o material. Por exemplo, uma placa de selênio puro normalmente faz um bom isolamento. Ou seja, qualquer carga elétrica que for projetada sobre sua superfície

permanecerá ali por um extenso período, desde que o ambiente esteja escuro. Se o selênio for exposto à luz, a carga elétrica escapará para fora da placa rapidamente. Agora, se essa placa de selênio carregada for exposta a um padrão luminoso, a carga se soltará apenas das partes expostas à luz.

Da mesma forma, caso um pó de plástico preto seja depositado sobre ela, ele aderirá somente nas áreas carregadas, isto é, onde a placa não sofreu ação da luz. Se uma folha de papel com uma carga elétrica sobre seu verso for posicionada em cima da placa, o pó preto de plástico transferirá o padrão luminoso para o papel. Bastaria, então, aquecer a placa para derreter e fundir o plástico com o papel para se obter o que conhecemos como fotocópia ou xerox.

### **EXEMPLOS:**

Materiais condutores e isolantes mais conhecidos e utilizados:

#### Condutores

Ouro, Prata, Bronze, Alumínio, Níquel, Cromo.

#### Isolantes

Borracha, Madeira, Plástico, Cerâmica, Vidro.



**Figura 14:** Fios Condutores.



**Figura 15:** Isolantes Cerâmicos.



**Figura 16:** Fios de cobre são bons condutores elétricos.

## **Materiais Magnéticos, Diamagnéticos, Paramagnéticos e Ferromagnéticos**

### *Materiais Magnéticos*

A classificação dos materiais magnéticos é feita de acordo com a origem e a forma de interação entre os momentos angulares das substâncias.



**Figura 17:** Ímã.

O ímã tem um forte poder de atração por ser constituído de material ferromagnético

Muitos dispositivos que utilizamos no nosso cotidiano funcionam a partir do magnetismo. Alguns exemplos são os motores elétricos, geradores, transformadores, cartões magnéticos, rádio, entre vários outros.

O magnetismo dos materiais tem origem na combinação entre o momento angular orbital e o momento angular de spin dos átomos, que dão origem aos dipolos magnéticos microscópicos, fazendo com que cada átomo se comporte como um pequeno ímã. Assim, podemos dizer que o magnetismo é uma propriedade dos materiais que tem origem na estrutura molecular.

Os materiais podem ser classificados em três tipos de acordo com o magnetismo: diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos. Essa distinção é feita considerando-se a origem e a forma como os dipolos magnéticos interagem. São essas características que determinam como o material comporta-se na presença de outro campo magnético.

### *Materiais Diamagnéticos*

Quando um material diamagnético é colocado na presença de um campo magnético externo, estabelece-se em seu interior outro campo magnético em sentido oposto ao qual ele foi submetido e que desaparece quando o campo externo é removido. É o mesmo que dizer que esse tipo de material é repelido pelo campo magnético.

Todos os materiais podem ser considerados diamagnéticos, porém essa característica é insignificante quando o material é ferromagnético ou paramagnético.

Macroscopicamente, esses materiais são caracterizados por não serem atraídos pelos ímãs. Alguns exemplos são a água, madeira, plástico e alguns metais, como o mercúrio, o ouro e a prata.

### *Materiais Paramagnéticos*

Os materiais paramagnéticos são aqueles que têm seus momentos angulares alinhados ao serem colocados nas proximidades de um campo magnético. Esse alinhamento ocorre paralelamente ao campo magnético externo e faz com que o material se comporte da mesma forma que o ímã normal. Sendo assim, eles são atraídos pelos ímãs e passam a ter as mesmas características que eles. Entretanto, quando o campo externo é retirado, o material perde suas propriedades magnéticas e volta “a comportar-se normalmente”. Exemplos: alumínio, sódio, magnésio e cálcio.

### *Materiais Ferromagnéticos*

São classificados como ferromagnéticos os materiais que possuem **memória magnética**, isto é, quando são submetidos a um campo magnético externo, eles têm seus momentos angulares alinhados e passam a comportar-se da mesma forma que o ímã. Além disso, essas características permanecem mesmo após o ímã ser removido. Alguns exemplos são o ferro, níquel, cobalto e algumas ligas.

## **Fibras Ópticas**

As fibras ópticas transmitem a luz por meio do fenômeno da reflexão total.

As fibras ópticas são filamentos flexíveis capazes de transmitir luz de um emissor luminoso até um detector sensível a ela. Geralmente, esses filamentos são construídos com materiais transparentes e apresentam espessura próxima à de um fio de cabelo.

Os estudos relacionados às fibras ópticas iniciaram-se em 1842, com a análise do transporte da luz em jatos d'água feita por Jean-Daniel Colladon e Jacques Babinet. Com a



invenção do laser na década de 1960, as pesquisas e o desenvolvimento das fibras ópticas foram potencializados.

Em 1966, Charles Kao e sua equipe conseguiram transmitir dados através de fibras feitas de **silica**, e essas transmissões ocorreram sem que houvesse perda significativa de dados.

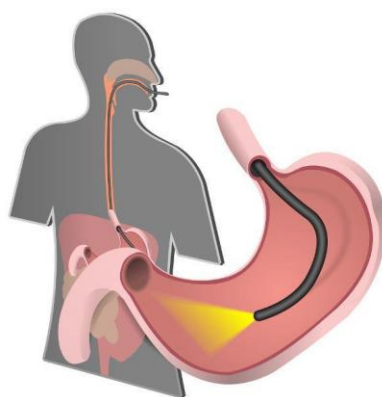
#### *Aplicações para as fibras ópticas*

Além de serem utilizadas nas telecomunicações e no transporte de dados, as fibras ópticas podem ser aplicadas nas transmissões de **chamadas telefônicas** e em sinais de TV.



**Figura 18:** A fibra óptica é muito utilizada nas telecomunicações.

Outra possibilidade de uso desse material é o diagnóstico por imagens, feito, por exemplo, no exame de endoscopia. Nesse exame, uma fibra óptica especial é introduzida, com uma fonte de luz, no estômago, proporcionando imagens que são utilizadas para detectar o estado do órgão.



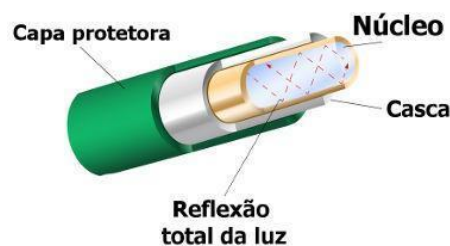
**Figura 19:** Uma fibra óptica especial é usada para realizar exames de endoscopia.

Diferentes tipos de sinais podem ser transmitidos através das fibras, por longas distâncias, sem perda de qualidade. Um exemplo disso é que os cabos transoceânicos proporcionam transmissões de sinais entre continentes.



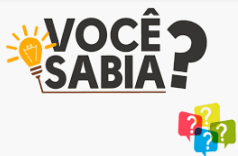
### Como a luz caminha pela fibra óptica?

A luz é transmitida pela fibra por meio do fenômeno da reflexão total da luz. Quando a luz incide na superfície de separação entre dois meios com diferentes índices de refração, na direção do maior para o menor índice, com ângulos de incidência superiores a um ângulo específico denominado ângulo crítico, a refração é impedida e o raio de luz é refletido.



**Figura 20:** Ilustração da fibra óptica (destaque para o núcleo).

O núcleo da fibra óptica possui índice de refração maior que o da casca, assim, quando a luz é incidida, sempre com um ângulo superior ao ângulo crítico, ela sofre sucessivas reflexões totais, o que a faz caminhar por toda a extensão do material.



#### VOCÊ SABIA?

##### **Desvantagens das fibras ópticas**

Por mais que as fibras ópticas possuam inúmeras vantagens quando comparadas com cabos de cobre, existem, no mínimo, duas desvantagens na utilização desses materiais:

- ✓ As fibras são fabricadas com materiais muito sensíveis, portanto, seu manuseio na fabricação e durante a instalação deve ser executado de forma a garantir a integridade do material.
- ✓ As transmissões a longa distância só podem ser efetuadas com a introdução de amplificadores de sinal, geralmente instalados em um intervalo mínimo de 50 km. Por serem feitos de um material muito específico, a fabricação dos amplificadores aumenta o custo da produção de cabos muito longos de fibra óptica.

### Supercondutores

A corrente elétrica durante o processo de transporte, que vai das usinas geradoras até os centros consumidores, sofre significativa perda de energia. Essa perda ocorre em razão da resistência elétrica dos fios condutores de eletricidade. Ocorre que boa parte da

energia elétrica é transformada em energia térmica, sendo dessa forma dissipada para o meio ambiente.



**Figura 21:** Ímã flutuando sobre a superfície de um material supercondutor.

Como forma de diminuir essa perda de energia usa-se fios condutores com baixa resistência, como o cobre, por exemplo, e conduzem a corrente sob alta tensão, mas mesmo assim em distâncias que ultrapassam 400 km as perdas ainda acontecem, podendo chegar até 20%. Em virtude disso, muitos cientistas buscam conseguir os chamados condutores ideais, aqueles que conduzem energia elétrica sem que ocorram perdas para o meio ambiente. Será possível conseguir esse tipo de condutor?

A supercondutividade é uma propriedade física que certos materiais apresentam quando são esfriados a temperaturas extremamente baixas, podendo conduzir corrente elétrica sem resistências e nem perdas de energia. Esse fenômeno foi descoberto em 1911 pelo físico holandês Heike Kamerlingh-Onnes, quando observou que a resistência elétrica do mercúrio desaparecia ao ser resfriado a 4K, o que corresponde a  $-269,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dessa forma, ele acabava de tornar o mercúrio um material supercondutor. Esse fenômeno, conseguido com o mercúrio, foi verificado para outros metais, no entanto não foi permitida a aplicação, pois eram necessários muitos gastos para conseguir manter temperaturas muito baixas.

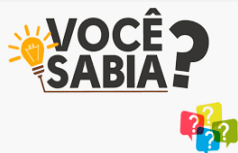
Foi com o trio de físicos americanos Jonh Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer, que em 1972 surgiu a explicação para o fenômeno da supercondutividade, fato que deu a eles o prêmio Nobel da física naquele ano. O que fez a explicação deles ser tão importante foi o fato de eles mostrarem que esse fenômeno não está ligado somente à diminuição da agitação térmica dos átomos e moléculas de um material, quando esse está sob baixas temperaturas. Dessa forma, surgiu a ideia da possibilidade da existência desse fenômeno

com temperaturas muito elevadas, mas as experiências com condutores metálicos relacionadas a essa possibilidade não deram resultados.

Anos mais tarde, os físicos da IBM, o suíço Karl Alexander Muller e o alemão Johannes G. Bednorz, conseguiram a supercondutividade a 35 K, o que corresponde a  $-238^{\circ}\text{C}$ . Graças às suas descobertas e à comprovação da supercondutividade que esses dois físicos cientistas ganharam, em 1986, o prêmio Nobel de Física. Esse fato foi um grande avanço para toda ciência e permitiu avanços significativos em vários ramos de pesquisas.

A supercondutividade é muito importante e tem larga aplicação. Essa propriedade não é aplicada somente na transmissão de energia elétrica, mas também em várias outras como:

- ✓ Na construção de magnetos supercondutores que geram campo magnético extremamente forte, os quais possibilitam a construção dos chamados aceleradores de partículas;
- ✓ Nos aparelhos eletrônicos que funcionam à base de eletricidade, diminuindo o seu tamanho e o gasto de energia dos mesmos;
- ✓ Nos fios supercondutores utilizados em computadores, permitindo que os chips sejam cada vez menores e mais rápidos no processamento de dados;
- ✓ Em ímãs, permitindo que eles possam flutuar sobre a superfície de um material supercondutor. Esse fato possibilita a construção e operação dos chamados trens-bala, os quais trafegam apenas flutuando sobre o trilho.



#### VOCÊ SABIA?

É impossível imaginar como seria nossa vida sem a eletricidade. Ela está presente em praticamente todos os momentos do nosso dia a dia, quando acendemos uma lâmpada, guardamos um alimento na geladeira para conservá-lo, ao assistirmos à TV, entre tantos outros. Portanto, precisamos dela para viver com qualidade e conforto. Os estudos nessa área são divididos em três partes:

- 1) **Eletrostática:** estuda as cargas elétricas em repouso e abrange os conceitos de tipos de eletrização, força eletrostática, campo elétrico e potencial elétrico;
- 2) **Eletrodinâmica:** responsável pelo estudo das cargas elétricas em movimento. Refere-se principalmente aos conceitos associados à corrente elétrica e aos circuitos elétricos com os seus componentes, como resistores, geradores e capacitores;

- 4) **Eletromagnetismo:** é a parte da eletricidade que estuda a relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos, sendo eles a corrente elétrica produzida pela variação de campo magnético, bem como o campo magnético gerado por uma corrente elétrica.

A eletricidade até hoje permitiu ao homem realizar feitos incríveis. Pequenos aparelhos como a lâmpada elétrica, que permitiu a realização de atividades noturnas, são exemplos da grande mudança que essa área ocasionou na sociedade.

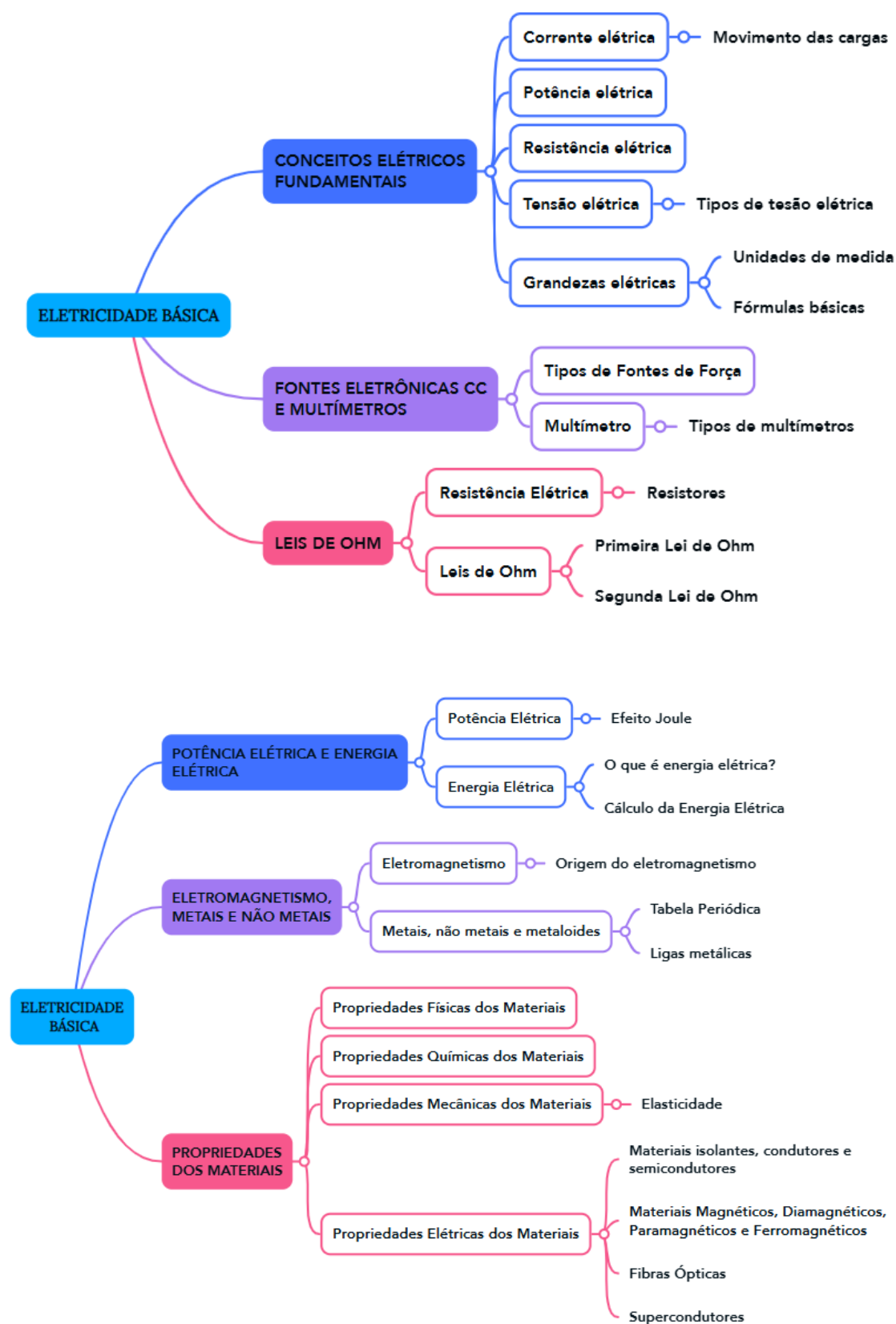
Agora, a grande preocupação é obter novas fontes de energia que sejam menos agressivas ao meio ambiente e mais eficientes.



**Figura 22:** A eletricidade é transmitida pelas torres de transmissão.

## Sessões Especiais

## MAPA DE ESTUDO



## SÍNTESE DIRETA

### 1. INTRODUÇÃO

- A energia elétrica é essencial para o progresso social e tecnológico, destacando-se a importância de planejar seu uso sustentável. A eletricidade é a base de avanços modernos e desempenha papel central em várias aplicações industriais e domésticas.

### 2. CONCEITOS ELÉTRICOS FUNDAMENTAIS

- Corrente elétrica: Fluxo ordenado de cargas elétricas, responsável pelo funcionamento de dispositivos elétricos.
- Tensão elétrica: Diferença de potencial que movimenta elétrons em um condutor.
- Resistência elétrica: Capacidade de um material de se opor ao fluxo de corrente elétrica, medida em ohms ( $\Omega$ ).
- Potência elétrica: Velocidade de transformação da energia elétrica em trabalho, medida em watts (W).

### 3. LEIS DE OHM

- Primeira Lei: A corrente elétrica é proporcional à tensão e inversamente proporcional à resistência.
- Segunda Lei: A resistência depende do material, do comprimento e da área do condutor.

### 4. POTÊNCIA E ENERGIA ELÉTRICA

- A potência elétrica é calculada pela relação  $P = V \cdot I$ .
- A energia elétrica consumida é dada por  $E = P \cdot \Delta t$
- O efeito Joule explica a conversão de energia elétrica em térmica em dispositivos como resistores e aquecedores.

### 5. ELETROMAGNETISMO

- O eletromagnetismo estuda a interação entre campos elétricos e magnéticos. Suas aplicações incluem motores, geradores, micro-ondas e telecomunicações. Faraday e Maxwell contribuíram significativamente para sua compreensão.

### 6. MATERIAIS E PROPRIEDADES

- **Condutores:** Materiais como cobre e alumínio, que permitem o fluxo de corrente elétrica.

- **Isolantes:** Materiais como borracha e plástico, que dificultam o fluxo de corrente.
- **Semicondutores:** Utilizados em dispositivos eletrônicos, possuem propriedades intermediárias entre condutores e isolantes.
- **Magnéticos:** Incluem materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, com ampla aplicação em motores e dispositivos eletrônicos.

## 7. LIGAS METÁLICAS

- Ligas como aço, bronze e latão são desenvolvidas para melhorar propriedades como resistência mecânica e condutividade.

## 8. FIBRAS ÓPTICAS E SUPERCONDUTORES

- **Fibras Ópticas:** Transmitem luz por reflexão total e são utilizadas em telecomunicações e diagnósticos médicos.
- **Supercondutores:** Materiais com resistência elétrica nula a temperaturas muito baixas, aplicados em trens-bala, aceleradores de partículas e sistemas eletrônicos.

## 9. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

- **Físicas:** Incluem massa, densidade e condutividade térmica, fundamentais para engenharia.
- **Mecânicas:** Compreendem resistência e elasticidade, essenciais para avaliar a integridade estrutural.
- **Elétricas:** Variam entre condutividade, resistência e comportamento magnético, dependendo do material.

### MOMENTO QUIZ

1. O secador de cabelos é uma máquina que, utilizando uma massa de ar quente, faz com que seja acelerada a evaporação da água na superfície capilar. Apesar dos modelos cada vez mais inovadores, com exceção da adição de algumas características de segurança, o interior de um secador de cabelo não mudou muito com o passar dos anos. Um secador de cabelo necessita de apenas duas partes para gerar o fluxo de ar quente:
  - Um simples ventilador acionado por um motor.
  - Uma bobina de aquecimento (resistência elétrica).Qual será o valor da resistência elétrica de um secador de cabelos projetado para funcionar em uma rede de 220 V e com corrente de 10 A?



- a)  $2 \Omega$ .
- b)  $22 \Omega$ .
- c)  $12 \Omega$ .
- d)  $2,2 \Omega$ .
- e)  $10 \Omega$ .

2. “O forno elétrico certamente é outro dos grandes inventos do século XX que veio para promover o conforto, a velocidade e a praticidade no lar das famílias. Funcionamento à base de energia elétrica, encontra em suas resistências de aquecimento, a fonte de geração do calor usado para executar o aquecimento. Vale lembrar que, por tratar-se de um eletrodoméstico com aquecimento por resistências, a conta de luz poderá vir pesada se não for usá-lo de maneira apropriada.”

Um dos fornos elétricos de uma pequena panificadora de Goiânia, possui resistência elétrica de  $44 \Omega$ . Sabendo que a tensão elétrica fornecida pela concessionária de energia em Goiânia é de  $220 \text{ V}$ , qual é a corrente elétrica necessária para o bom funcionamento do forno?

- a)  $10 \text{ A}$ .
  - b)  $15 \text{ A}$ .
  - c)  $5 \text{ A}$ .
  - d)  $20 \text{ A}$ .
  - e)  $25 \text{ A}$ .
3. Uma lâmpada ligada a uma bateria automotiva de  $12 \text{ V}$ , necessita de uma corrente de  $2 \text{ A}$  para realizar trabalho elétrico. Qual é a potência dessa lâmpada?
- a)  $12 \text{ W}$ .
  - b)  $2 \text{ W}$ .
  - c)  $24 \text{ W}$ .
  - d)  $6 \text{ W}$ .
  - e)  $1 \text{ W}$ .
4. Um condutor possui comprimento de 2 metros, área de seção transversal de  $0,001 \text{ m}^2$ , e resistividade de  $1,5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ . Qual é a resistência elétrica desse condutor?
- a)  $3 \Omega$ .
  - b)  $2 \Omega$ .



c) 1,5  $\Omega$ .

d) 0,3  $\Omega$ .

**5. Uma lâmpada conectada a uma fonte de 220 V consome uma corrente de 2 A. Qual é a potência elétrica consumida pela lâmpada?**

a) 110 W.

b) 220 W.

c) 440 W.

d) 660 W.

## Gabarito

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	B
2	C
3	C
4	A
5	C

## Referências

ALBUQUERQUE, Rômulo Oliveira. Circuitos em corrente contínua; São Paulo; Ed. Érica; 2007.

MARKUS, Otávio. Circuitos elétricos em corrente contínua e corrente alternada; São Paulo; Ed. Érica; 2007.

GUSSOW, Milton. Eletricidade básica; São Paulo; McGraw-Hill do Brasil; 2009.

EDMINISTER, Joseph A. Circuitos elétricos; São Paulo; McGraw-Hill do Brasil; 1985.

NAHVI, M.; EDMINISTER, J. Teoria e problemas de circuitos elétricos. 4.ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

VAN VALKENBURGH, Nooger e NEVILLE, Inc. Circuitos elétricos. Vols. 1 a 3. Ao Livro Técnico, 1988.

BOYLESTAD Robert L, Introdução a Análise de Circuitos, São Paulo, Prentice Hall, 2004.  
FILHO, Matheus Teodoro Silva, Fundamentos da Eletricidade, LTC, 2007.



**OBRIGADO!**  
CONTINUE ESTUDANDO.