

TÉCNICO EM ELETROMECCÂNICA



MÓDULO I
FUNDAMENTOS DA ELETROTÉCNICA



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.

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
www.ineprotec.com.br

Sumário

ABERTURA	06
SOBRE A INSTITUIÇÃO	06
• Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente	06
• Missão	06
• Visão	06
• Valores	06
SOBRE O CURSO	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
SOBRE O MATERIAL	08
• Divisão do Conteúdo	08
• Boxes	09
BASE TEÓRICA	11
INTRODUÇÃO	11
FUNDAMENTOS IMPORTANTES NA ELETROTÉCNICA	11
• O que é um átomo?	11
✓ Os elétrons	12
✓ Os prótons	12
✓ Os nêutrons	12
• Núcleo e eletrosfera	12
✓ O núcleo	12
✓ A eletrosfera	12
CIRCUITOS E CORRENTES ELÉTRICAS	14
• O que é um circuito elétrico?	14
✓ Dispositivos de manobra	14
✓ Variações do circuito elétrico	15

• Correntes elétricas	15
✓ Potência, condutância e resistência	15
✓ Corrente alternada e tensão monofásica	16
CONDUTORES, SEMICONDUTORES E ISOLANTES ELÉTRICOS	18
• Condutores elétricos	18
✓ Tipos de condutores elétricos	19
• Semicondutores	20
✓ Dopagem	20
• Temperatura do material	21
✓ Coeficiente de temperatura	22
RESISTÊNCIA ELÉTRICA	23
• Lei de ohm	23
• Resistividade elétrica	23
• Associação de resistores	24
✓ Associação de Resistores em Série	25
✓ Associação de Resistores em Paralelo	25
✓ Associação de Resistores Mista	26
• Leis de kirchhoff	26
• Leis dos nós	27
• Leis das malhas	27
• Resistência em corrente alternada	29
POTÊNCIA ELÉTRICA	30
• Cálculo da potência média	30
• Potência em CC	31
• Potência em CA	31
✓ Valor eficaz	31
• Potencial elétrico	32
• Lei de Faraday	33
• Lei de lenz	33
• Conversões de potência	34
✓ Cavalo-vapor (C.V.)	34

✓ Horse-power (H.P.)	34
✓ Joule por segundo (J/S) ou Watt (W)	34
CAMPO ELÉTRICO	35
SESSÕES ESPECIAIS	40
MAPA DE ESTUDO	40
SÍNTESE DIRETA	41
MOMENTO QUIZ	42
GABARITO DO QUIZ	44
REFERÊNCIAS	44

MÓDULO I

FUNDAMENTOS DE ELETROTÉCNICA

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 ELETROMECAÂNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS. Vejamos algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA 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, a manutenção e a entrega técnica de máquinas e equipamentos eletromecânicos industriais, considerando as normas, os padrões e os requisitos técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Elaborar projetos de produtos relacionados a máquinas e equipamentos eletromecânicos, especificando materiais para construção mecânica e elétrica por meio de técnicas de usinagem e soldagem.
- Realizar inspeção visual, dimensional e testes em sistemas, instrumentos, equipamentos eletromecânicos, pneumáticos e hidráulicos de máquinas.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando atender às transformações digitais na sociedade.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento, produção e manutenção de equipamentos eletromecânicos 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

- Indústrias com linhas de produção automatizadas, aeroespaciais, automobilística, metalmeccânica e plástico.
- Empresas de manutenção e reparos eletromecânicos, que atuam na instalação, manutenção, comercialização e utilização de equipamentos e sistemas eletromecânicos.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Usinagem por CNC.
- Especialização Técnica em Ensaio Mecânicos.
- Especialização Técnica em Mecânica Automotiva.

- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- 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 Fabricação Mecânica.
- Curso Superior de Tecnologia em Processos Metalúrgicos.
- Bacharelado em Engenharia Eletrônica.
- Bacharelado em Engenharia Elétrica.
- Bacharelado em Engenharia de Automação e Controle.
- Bacharelado em Engenharia Mecatrônica.
- Bacharelado em Engenharia Mecânica.
- Bacharelado em Engenharia de Produção.
- Bacharelado em Engenharia Metalúrgica.

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

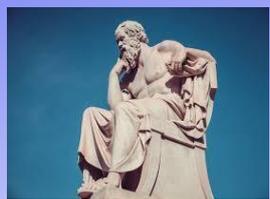
Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA, temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- VOCÊ SABIA

	<p>São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.</p>
---	--

- PAUSA PARA REFLETIR...

	<p>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.</p>
---	--

- 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

A Eletrotécnica é um ramo de Engenharia Elétrica que estuda o uso de circuitos formados por componentes elétricos e eletrônicos visando sempre: gerar, transmitir, distribuir e armazenar energia elétrica. Os principais tipos de empresas que podemos encontrar interessadas nessas atividades são as usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas e solares, além de outras cujo foco seja a produção e geração de energia elétrica. É interessante observarmos que toda empresa, ou indústria, necessita de um profissional especializado nestas atividades.

FUNDAMENTOS IMPORTANTES NA ELETROTÉCNICA

Ao longo dos anos, vários cientistas descobriram que a eletricidade parece se comportar de maneira constante e previsível em determinadas situações, ou quando sujeitas a determinadas condições. Estes cientistas, como Faraday, Ohm, Lenz e Kirchhoff, por exemplo, observaram e descreveram as características previsíveis da eletricidade e da corrente elétrica, sob certas regras, que são conhecidas como **leis**. Pelo aprendizado das leis aplicáveis ao comportamento da eletricidade, você terá “aprendido” o que é eletricidade.

A Eletricidade é a área da Física responsável pelo estudo de fenômenos associados a cargas elétricas. O termo **eletricidade** origina-se da palavra *eléktron*, que é derivada do grego âmbar. Este, por sua vez, é uma resina fóssil que, quando atritada em algum tecido, pode passar a atrair pequenos objetos.

Desde então, os estudos sobre Eletricidade assumiram uma enorme dimensão. Atualmente, é impossível imaginar nossa vida sem ela. Quer exemplos? Lâmpadas, computadores, aparelhos de TV e geladeiras, são equipamentos elétricos que nos proporcionam conforto. Os meios de comunicação não existiriam sem os avanços nessa área.

O que é um átomo?

O átomo é uma partícula presente em toda matéria do universo. O universo, a terra, os animais, as plantas e tudo mais que nele existe é composto de átomos. Até o início do século XX admitia-se que os átomos eram as menores partículas do universo e que não poderiam ser subdivididas.

Hoje sabe-se que o átomo é constituído de partículas ainda menores. Estas partículas são:

- Prótons.
- Elétrons.
- Nêutrons.

Os elétrons

São partículas subatômicas que possuem cargas elétricas negativas.

Os prótons

São partículas subatômicas que possuem cargas elétricas positivas.

Os nêutrons

São partículas subatômicas que não possuem cargas elétricas.

Núcleo e eletrosfera

O núcleo

É o centro do átomo, onde se encontram os prótons e nêutrons.

A eletrosfera

São as camadas ou órbitas formadas pelos elétrons, que se movimentam em trajetórias circulares em volta do núcleo. Existe uma força de atração entre o núcleo e a eletrosfera, conservando os elétrons nas órbitas definidas camadas, semelhante ao sistema solar.

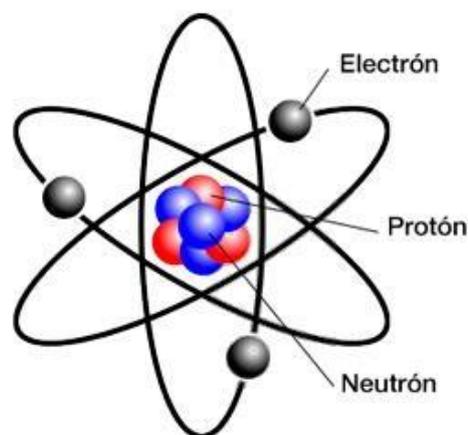


Figura 1: Exemplo de um átomo.

A eletrosfera pode ser composta por camadas, identificadas pelas letras maiúsculas K, L, M, N, O, P e Q.

Quanto mais elétrons:

- ✓ Mais camadas.
- ✓ Menos força de atração exercida pelo núcleo.
- ✓ Mais livres os elétrons da última camada.
- ✓ Mais instável eletricamente.
- ✓ Mais condutor do material.

Quanto menos elétrons:

- ✓ Menos camadas
- ✓ Mais força de atração exercida pelo núcleo.
- ✓ Menos elétrons livres.
- ✓ Mais estável eletricamente.
- ✓ Mais isolante o material.

Condutores	Isolantes
Prata	Ar Seco
Cobre	Vidro
Alumínio	Mica
Zinco	Borracha
Latão	Amianto
Ferro	Baquelite

Figura 2: Exemplos de condutores e isolantes.

Semicondutores são materiais que não sendo bons condutores, não são tampouco bons isolantes. O germânio e o silício são substâncias semicondutoras. Esses materiais, devido às suas estruturas cristalinas, podem sob certas condições, se comportar como condutores e sob outras como isolantes.

	<p>VOCÊ SABIA?</p> <p>Átomos são ridiculamente pequenos. Um único fio de cabelo humano é tão fino quanto 500 mil átomos de carbono enfileirados entre si.</p>
---	--

CIRCUITOS E CORRENTES ELÉTRICAS

O que é um circuito elétrico?

Circuito é a trajetória percorrida entre um ponto a outro, normalmente tendo como objetivo final o ponto de partida.

O termo é bastante utilizado em eventos esportivos que possuem uma trajetória de corrida fechada, normalmente para competições de velocidade; como por exemplo o circuito de Fórmula 1 ou o circuito de atletismo.

Um circuito também pode ser entendido como uma rota de viagem, um itinerário pré-estabelecido com um destino final fixo.

A palavra circuito está associada com o que é cíclico (em forma de ciclo); o que contorna; circunferência; que acontece em movimentos periódicos.

A pilha da lanterna, a bateria do automóvel, um gerador ou uma usina hidrelétrica são fontes geradoras de energia.

- ✓ **Ferro de Soldar:** Transforma a energia elétrica em energia térmica (transmite calor).
- ✓ **Televisor:** Transforma a energia elétrica em energia luminosa e sonora (transmite sons e imagens).
- ✓ **Lâmpada:** Transforma a energia elétrica em energia luminosa e energia térmica (transmite luz e calor).

Dispositivos de manobra

Um circuito elétrico é um circuito fechado onde existe uma fonte geradora de energia elétrica e uma carga que irá consumi-la, tudo isso interligado por condutores. Dentre os elementos que podem fazer parte deste circuito estão os dispositivos de manobra.

Dispositivos de manobra são componentes eletromecânicos ou eletrônicos responsáveis por impedir ou permitir a passagem de corrente elétrica entre a fonte e a carga, por meio de desligamento ou acionamento, por exemplo. Nesse sentido, um dispositivo de manobra comum a todas as pessoas são os interruptores, que permitem a corrente elétrica da fonte de energia, no caso a concessionária, até as lâmpadas.

Além dos interruptores, outro componente comum que cumpre a função de manobra é o disjuntor. Este, além de ligar e desligar circuitos, ainda acumula a função de proteger os mesmos.

Os dispositivos de manobra fazem parte do controle de um circuito. Logo, os circuitos elaborados são constituídos de: fonte, carga, condutores e controle. Na eletricidade industrial,

por exemplo, pode-se dizer que os acionamentos de máquinas, através de comandos elétricos ou da automação industrial, são uma elaboração de circuitos de manobras em vários níveis.

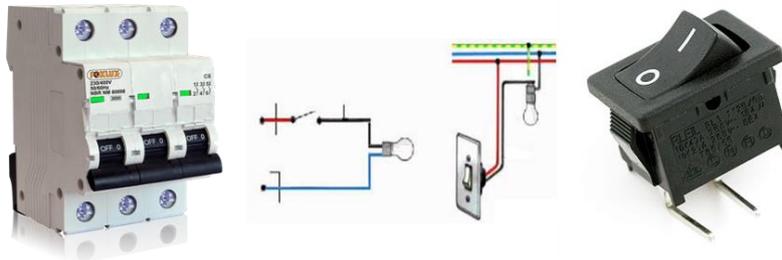


Figura 3: Exemplo de dispositivos de manobra.

Função do dispositivo de manobra

Operar ou manobrar o circuito. Interromper, ou permitir, a passagem da corrente elétrica.

Variações do circuito elétrico

As variações do circuito elétrico são:

- ✓ Circuito **aberto**: é o que não tem continuidade; onde o consumidor não funciona.
- ✓ Circuito **fechado**: é o circuito que tem continuidade. Por ele a corrente pode circular.
- ✓ Circuito **desligado**: aquele no qual o dispositivo de manobra está na posição desligada.
- ✓ Circuito **desenergizado**: aquele no qual a fonte geradora está desconectada do circuito ou não funciona.

Correntes elétricas

Corrente elétrica é a quantidade de carga que ultrapassa determinada seção por unidade de tempo. Unidade SI: **ampère** (A); o mesmo que **coulomb** por segundo (C/s).

“Chama-se corrente elétrica o fluxo ordenado de elétrons em uma determinada seção.”

Potência, condutância e resistência

Potência

É a quantidade de energia elétrica convertida por unidade de tempo. Unidade SI: **watt** (W); o mesmo que **joules** por segundo (J/s).

Condutância

A facilidade que a corrente elétrica encontra, ao percorrer os materiais, é chamada de **condutância**. Essa grandeza é representada pela letra G.

CONDUTÂNCIA | G

Resistência

Facilidade encontrada pela corrente elétrica, ao atravessar um material. Porém, em contrapartida à condutância, os materiais sempre oferecem certa dificuldade à passagem da corrente elétrica. Essa dificuldade que a corrente elétrica encontra ao percorrer um material é a **resistência elétrica**, normalmente representada pela letra R.

RESISTÊNCIA | R

Dificuldade encontrada pela corrente elétrica, ao atravessar um material. Todo o material condutor de corrente elétrica apresenta certo grau de condutância e de resistência. Quanto maior for a condutância do material, menor será sua resistência. Se o material oferecer grande resistência, proporcionalmente apresentará pouca condutância.

A condutância é o inverso da resistência

A condutância e a resistência elétrica se manifestam com maior ou menor intensidade nos diversos tipos de materiais.

PLÁSTICO-----MAIOR resistência-----MENOR condutância
 COBRE -----MENOR resistência-----MAIOR condutância

A condutância e a resistência são grandezas; portanto, podem ser medidas. A unidade utilizada para medir a resistência é o **OHM**, representada pela letra Ω (lê-se ômega). RESISTÊNCIA é medida em OHM Como a condutância é o inverso da resistência, de início, foi denominada MHO (inverso de OHM), é representada simbolicamente pela letra grega ômega, também invertida.

Atualmente, a unidade empregada para medir a condutância é denominada **SIEMENS** é representada pela letra S.

Corrente alternada e tensão monofásica

A tensão e a corrente, produzidas por fontes geradoras, podem ser contínuas ou alternadas. A corrente é contínua quando circula no circuito num único sentido, como temos estudado até agora. Entretanto, se a corrente sai ora por um, ora por outro borne, na fonte geradora, ou circula ora num, ora noutro sentido, no circuito, é uma corrente alternada. A fonte geradora de corrente alternada chama-se alternador.

Se representássemos num gráfico os valores da corrente no eixo vertical e o tempo horizontal, obteríamos uma curva, como a da figura abaixo, para representação da variação da corrente alternada.

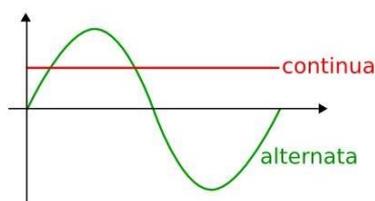


Figura 4: Exemplo de onda senoidal e contínua.

Vemos aí que, no instante inicial, a corrente tem valor nulo, crescendo até um valor máximo, caindo novamente a zero; neste instante, a corrente muda de sentido, porém, seus valores são os mesmos da primeira parte. O mesmo acontece com a tensão. A essa variação completa, em ambos os sentidos, sofrida pela corrente alternada, dá-se o nome de **ciclo**.

O número de ciclos descritos pela corrente alternada, na unidade de tempo, chama-se **frequência**. Sua unidade é o **ciclo/segundo** ou **Hertz**. É medida em instrumentos chamados frequencímetros. As frequências mais comumente usadas são **50 c/s** e **60 c/s**. Durante um ciclo, a corrente e a tensão tomam valores diferentes de instante a instante; esses são ditos valores momentâneos ou instantâneos, dentre os quais cumpre destacar o valor máximo (I_{max}).

Entretanto, na prática, não é o valor máximo empregado, mas sim o **valor eficaz**. Por exemplo, um motor absorve uma corrente de 5 A que é o valor eficaz. Define-se como valor eficaz de uma corrente alternada como: o valor de uma corrente contínua que produz a mesma quantidade de calor em uma mesma resistência (**Lei de Joule**). Tanto o voltímetro como o amperímetro para corrente alternada medem valores eficazes.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

O que é, o que é? Feito para andar e não anda?

RESPOSTA:

A rua.

CONDUTORES, SEMICONDUTORES E ISOLANTES ELÉTRICOS

Condutores elétricos

Conforme antes definido, chama-se corrente elétrica o fluxo ordenado de elétrons em uma determinada seção. A corrente contínua tem um fluxo constante, enquanto a corrente alternada tem um fluxo de média zero, ainda que não tenha valor nulo todo o tempo. Esta definição de corrente alternada implica que o fluxo de elétrons muda de direção continuamente.

O fluxo de cargas elétricas pode gerar-se no vácuo ou em meio material adequado, caso no qual o material é então caracterizado como um condutor elétrico, mas que não existe ou mostra-se completamente desprezível nos materiais ditos isolantes. Em um fio, há a presença dos dois tipos de materiais: a capa do fio encerra em seu interior, visto ser os metais por definição bons condutores de eletricidade, tipicamente um metal dúctil, a exemplo o cobre ou o alumínio, ao passo que a capa em si, dadas as funções práticas inerentes esperadas, é feita de material pertencente à classe dos bons isolantes elétricos.

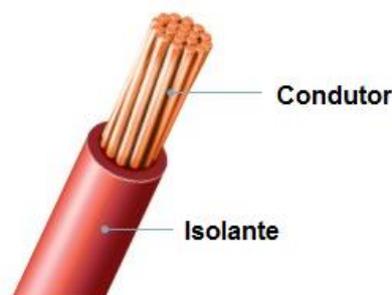


Figura 5: Cabo rígido usado em instalações elétricas.

Sobre materiais isolantes, há de se ressaltar que, na prática, não há isolante elétrico perfeito. Os materiais isolantes são aqueles cujas estruturas químicas implicam todos os portadores de carga fortemente presos em suas posições, de forma que os portadores de carga não podem mover-se livremente através das estruturas desses materiais. São tipicamente compostos covalentes, nos quais os elétrons encontram-se fortemente ligados aos respectivos orbitais de ligação ou aos orbitais mais internos aos átomos da molécula. E ainda sólidos iônicos, onde algo similar ocorre, não se encontrando, contudo, orbitais ligantes nesse caso.

Embora quando sujeitos a um campo elétrico moderado, a localidade dos portadores de carga na estrutura material isolante se preserve, sob intensos campos elétricos as forças associadas podem ser suficientes para superar as forças que mantêm os elétrons ligados aos núcleos ou moléculas - casos nos quais há uma ruptura súbita na capacidade isolante

do material. Este ioniza-se em um processo quase instantâneo, deixa de ser isolante e tornando-se um bom condutor elétrico, mesmo que por um curto intervalo de tempo. O campo elétrico limite acima do qual o material isolante torna-se condutor é conhecido como rigidez dielétrica .

A origem dos raios durante tempestades fundamenta-se basicamente no princípio citado. As nuvens acumulam cargas elétricas até que a rigidez dielétrica do ar úmido seja atingida. No momento em que o material se torna condutor, as cargas fluem em um processo de avalanche entre o solo e a nuvem, ou entre nuvens, dando então origem aos efeitos visuais e sonoros característicos do fenômeno.

Tipos de condutores elétricos

Sólidos

Também chamados de condutores metálicos. Caracterizam-se pelo movimento dos elétrons livres e pela forte tendência de doar elétrons;

Líquidos

Também chamados de condutores eletrolíticos. Caracterizam-se pelo movimento de cargas positivas (cátions) e negativas (ânions). Essa movimentação, em sentidos opostos, cria a corrente elétrica;

Gasosos

Também chamados de condutores de terceira classe. Caracterizam-se pelo movimento de cátions e ânions. Mas, ao contrário dos condutores líquidos, a energia é produzida através do choque entre as cargas e não de forma isolada.

Isolantes

Nos materiais isolantes, também chamados de dielétricos. Verifica-se a ausência ou pouca presença de elétrons livres. Isso faz com que os elétrons dos isolantes estejam fortemente ligados ao núcleo, o que inibe a sua movimentação. São exemplos de isolantes elétricos: borracha, isopor, lã, madeira, plástico e papel, vácuo, vidro.



Figura 6: Isolantes usados em instalações elétricas.

Semicondutores

Muito utilizados em equipamentos eletrônicos, os semicondutores são sólidos capazes de mudar sua condição de isolante para condutores com grande facilidade. Isso se deve ao fato de possuírem uma banda proibida intermediária.

A banda proibida é a região localizada entre as bandas de valência, ou camada de valência do átomo, e a banda de condução, região na qual, sob ação de um campo elétrico, se forma a corrente elétrica.



Figura 7: Condução de energia nos materiais.

Quando os elétrons recebem certa quantidade de energia, eles se tornam livres e saem da camada de valência para a camada de condução. A condutividade dos semicondutores pode ser alterada variando-se a temperatura, o que faz com que atinjam uma condutividade semelhante à dos metais. A condutividade dos semicondutores provenientes de excitações térmicas é denominada condutividade **intrínseca**. Os semicondutores podem ser de silício ou germânio, utilizados para a fabricação de componentes eletrônicos, como, por exemplo, os transistores.

Dopagem

Como os semicondutores em condições normais apresentam uma condução muito baixa, alguns átomos, em processo muito preciso, são substituídos por impurezas com a finalidade de aumentar a condutividade.

Impureza doador

Corresponde aos elementos químicos que possuem cinco elétrons na última camada, e que se colocados na estrutura do semicondutor passarão a ter quatro elétrons envolvidos em ligações covalentes (sobra um, que fica praticamente livre). O semicondutor dopado com uma impureza doadora é denominado do tipo N.

Impureza aceitadora

Corresponde aos elementos químicos que possuem três elétrons na última camada e que colocados na estrutura do semicondutor passam a ter três elétrons envolvidos em ligações covalentes (falta um, o que implica na formação de um buraco). O semicondutor dopado com uma impureza aceitadora é denominado do tipo P.

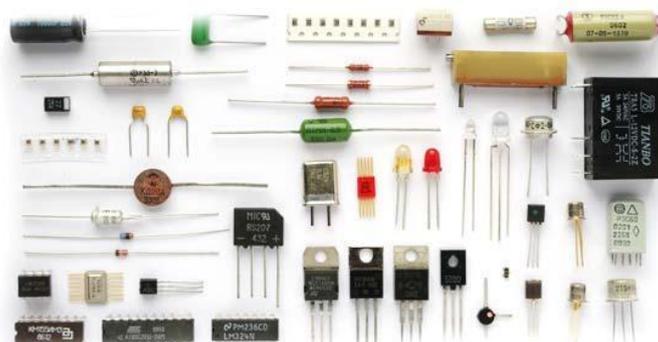


Figura 8: Exemplo de semicondutores.

Em geral, os semicondutores extrínsecos apresentam uma condutividade elétrica maior que a dos semicondutores intrínsecos e, por esse motivo, são mais utilizados na fabricação de dispositivos eletrônicos (silício tipo P e silício tipo N).

Temperatura do material

Vamos ao último fator que altera os valores de resistência e condutância dos materiais: a temperatura. Vamos supor que você tenha dois pedaços de materiais de mesma natureza, de igual comprimento e de mesma seção transversal.

Um deles, porém, está com temperatura diferente da do outro:

TEMPERATURA	RESISTÊNCIA
20° C	1,5 Ω
40° C	Maior que 1,5 Ω

Percebemos que:

Aumentando temperatura ----- aumentará a resistência
 Diminuindo a temperatura ----- diminuirá a resistência

Coefficiente de temperatura

O coeficiente de temperatura da resistência, α (letra grega denominada alfa), indica a quantidade de variação da resistência para uma variação na temperatura. Um valor positivo de α , indica que R aumenta com a temperatura, um valor negativo de α significa que R diminui, e um valor zero para α indica que R é constante, isto é, não varia com a temperatura. Embora, para um dado material α possa variar ligeiramente com a temperatura.

Um acréscimo na resistência do fio, produzido por um aumento na temperatura, pode ser determinado aproximadamente a partir da equação:

$$R_1 = R_0 + R_0 (\alpha \cdot \Delta T)$$

Onde:

- R_1 = resistência mais alta à temperatura mais alta, Ω
- R_0 = resistência a 20°C
- α = coeficiente de temperatura Ω/°C
- ΔT = acréscimo de temperatura acima de 20°C.

EXEMPLO:

Exemplo: Um fio de tungstênio tem uma resistência de 10 Ω a 20°C. Calcule a sua resistência a 120°C.

Dado:
 $\alpha = 0,005 \text{ } \Omega/^\circ\text{C}$

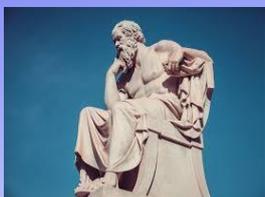
O acréscimo de temperatura é:
 $\Delta T = 120 - 20 = 100^\circ\text{C}$

Substituindo na Equação:
 $R_1 = R_0 + R_0 (\alpha \cdot \Delta T) = 10 + 10 (0,005 \times 100) = 10 + 5 = 15\Omega$

Em virtude do aumento de 100°C na temperatura, a resistência do fio aumentou 5Ω ou de 50% do seu valor original que era 10Ω.

OBSERVAÇÕES:

A única escala de temperatura que não tem valores negativos é a Kelvin (K).



PAUSA PARA REFLETIR...

Eu não procuro saber as respostas, procuro compreender as perguntas.

Confúcio.

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Lei de ohm

No século XIX, um filósofo alemão, Georg Simon Ohm, demonstrou experimentalmente a constante proporcionalidade entre a corrente elétrica, a tensão e a resistência. Essa relação é denominada Lei de Ohm e é expressa literalmente como: a corrente em um circuito é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência do circuito.

Na forma de equação a Lei de Ohm é expressa como:

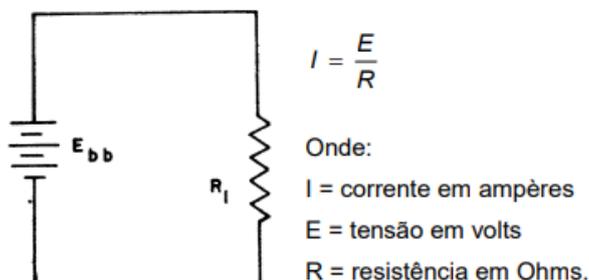


Figura 9: Circuito de corrente continua.



VOCÊ SABIA?

O choque elétrico é a passagem de uma corrente elétrica através do corpo, utilizando-o como um condutor. Esta passagem de corrente pode causar um susto, podendo também causar queimaduras, parada cardíaca ou até mesmo a morte.

Resistividade elétrica

Resistores são dispositivos que compõem circuitos elétricos diversos. A sua finalidade básica é a conversão de energia elétrica em energia térmica (**Efeito Joule**). Outra função

dos resistores é a possibilidade de alterar a diferença de potencial em determinada parte do circuito, o que ocorre por causa da diminuição da corrente elétrica nos equipamentos.

Para qualquer condutor dado, a resistividade de um determinado comprimento depende da resistividade do material, do comprimento do fio e da área da seção reta do fio. De acordo com a fórmula:

$$R = \rho (l/S)$$

Onde:

- ❖ R = resistência do condutor, Ω .
- ❖ l = comprimento do fio, m.
- ❖ S = área da seção reta do fio, cm^2 .
- ❖ ρ = resistência específica ou resistividade, $\text{cm}^2 \cdot \Omega/\text{m}$.

O fator ρ (letra grega que se lê “rô”) permite a comparação da resistência de diferentes materiais de acordo com natureza, independentemente de seus comprimentos ou áreas. Valores mais altos de ρ representam maior resistência. Os valores de resistência elétrica variam de acordo com certos fatores. Esses quatro fatores são: natureza, comprimento, seção transversal e temperatura do material.

Associação de resistores

Associação de Resistores é um circuito que apresenta dois ou mais resistores. Há três tipos de associação: em paralelo, em série e mista.

Ao analisar um circuito, podemos encontrar o valor do **resistor equivalente**, ou seja, o valor da resistência que sozinha poderia substituir todas as outras sem alterar os valores das demais grandezas associadas ao circuito.

Para calcular a tensão que os terminais de cada resistor estão submetidos aplicamos a Primeira

Lei de Ohm:

$$U = R \cdot I$$

Onde,

- ❖ **U**: diferença de potencial elétrico (ddp), medida em Volts (V)
- ❖ **R**: resistência, medida em Ohm (Ω)
- ❖ **I**: intensidade da corrente elétrica, medida em Ampere (A).

Associação de Resistores em Série

Na associação de resistores em série, os resistores são ligados em sequência. Isso faz com que a corrente elétrica seja mantida ao longo do circuito, enquanto a tensão elétrica varia.

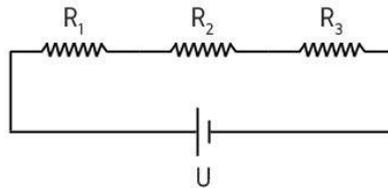


Figura 10: Circuito de corrente contínua.

Assim, a resistência equivalente (R_{eq}) de um circuito corresponde à soma das resistências de cada resistor presente no circuito:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Associação de Resistores em Paralelo

Na associação de resistores em paralelo, todos os resistores estão submetidos a uma mesma diferença de potencial. Sendo a corrente elétrica dividida pelos ramos do circuito.

Assim, o inverso da resistência equivalente de um circuito é igual a soma dos inversos das resistências de cada resistor presente no circuito:

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

Quando, em um circuito em paralelo, os valores das resistências forem iguais, podemos encontrar o valor da resistência equivalente dividindo o valor de uma resistência pelo número de resistências do circuito, ou seja:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

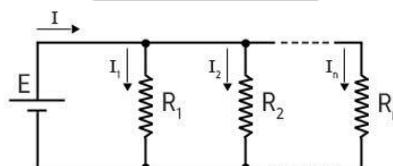


Figura 11: Circuito de corrente contínua.

Associação de Resistores Mista

Na associação de resistores mista, os resistores são ligados em série e em paralelo. Para calculá-la primeiro encontramos o valor correspondente à associação em paralelo, e em seguida somamos aos resistores em série.

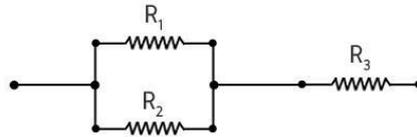


Figura 12: Circuito de corrente contínua.

Leis de Kirchhoff

As **Leis de Kirchhoff** são utilizadas para encontrar as intensidades das correntes em circuitos elétricos que não podem ser reduzidos a circuitos simples.

Constituídas por um conjunto de regras, elas foram concebidas em 1845 pelo físico alemão **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887), quando ele era estudante na Universidade de Königsberg.

- ✓ A **1ª Lei de Kirchhoff** é chamada de **Lei dos Nós**, e se aplica aos pontos do circuito nos quais a corrente elétrica se divide. Ou seja, nos pontos de conexão entre três ou mais condutores (nós).
- ✓ Já a **2ª Lei** é chamada de **Lei das Malhas**, e é aplicada aos caminhos fechados de um circuito, também chamados de malhas.

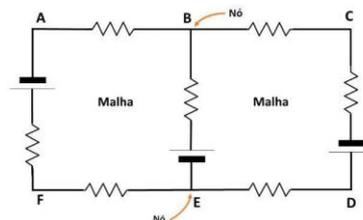


Figura 13: Circuito de corrente contínua.



VOCÊ SABIA?

A pele humana apresenta uma resistência elétrica, medida em ohms (Ω), extremamente alta, da ordem de 100.000 Ω . Como consequência, a corrente elétrica formada pelo corpo quando exposto a um choque de 220 V é de aproximadamente 0,002 A. No entanto, se a pele estiver molhada, sua resistência elétrica é reduzida para somente 1000 Ω . Nesse caso, uma descarga elétrica de 220 V pode promover uma corrente elétrica de 0,2 A, possivelmente **fatal**.

Leis dos Nós

A Lei dos Nós, também chamada de primeira lei de Kirchhoff, indica que a soma das correntes que chegam em um nó é igual a soma das correntes que saem.

Esta lei é consequência da conservação da carga elétrica, cuja soma algébrica das cargas existentes em um sistema fechado permanece constante.

EXEMPLO:

Na figura a seguir (*figura 14*) representamos um trecho de um circuito percorrido pelas correntes i_1 , i_2 , i_3 e i_4 . Indicamos ainda o ponto onde os condutores se encontram (nó):

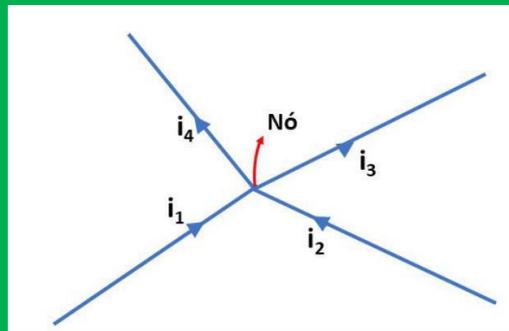


Figura 14: Análise de nós.

Neste exemplo, considerando que as correntes i_1 e i_2 estão chegando ao nó, e as correntes i_3 e i_4 estão saindo, temos:

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4$$

Em um circuito, o número de vezes que devemos aplicar a Lei dos Nós é igual ao número de nós do circuito **menos 1**. Por exemplo, se no circuito existir 4 nós, vamos usar a lei 3 vezes ($4 - 1$).

Leis das malhas

A Lei das Malhas é uma consequência da conservação da energia. Ela indica que quando percorrermos uma malha, em dado sentido, a soma algébrica das diferenças de potencial (ddp ou tensão) é igual a zero.

Para aplicar a Lei das Malhas, devemos definir em qual sentido percorreremos o circuito.

A tensão poderá ser positiva ou negativa, de acordo com o sentido que definimos para a corrente e para percorrer o circuito.

Para isso, vamos considerar que o valor da ddp em um resistor é dado por “R x i” (R vezes i), sendo positivo se o sentido da corrente for o mesmo do sentido do percurso, e negativo se for no sentido contrário.

Para o gerador (fem) e receptor (fcem) utiliza-se o sinal de entrada no sentido que adotamos para a malha.

EXEMPLO:

Como exemplo, considere a malha indicada na figura a seguir (figura 15):

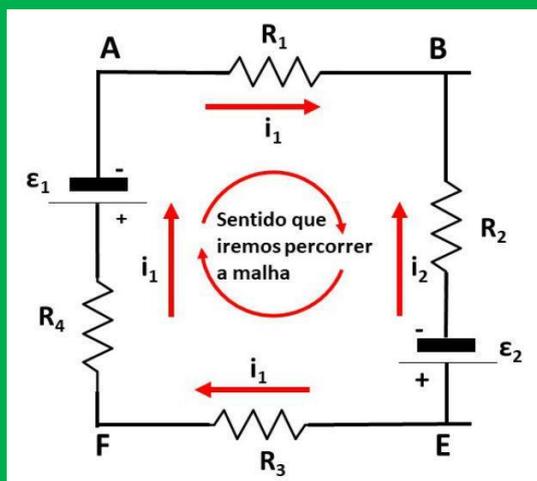


Figura 15: Circuito de corrente contínua.

Aplicando a lei das malhas para esse trecho do circuito, teremos:

$$U_{AB} + U_{BE} + U_{EF} + U_{FA} = 0$$

Para substituir os valores de cada trecho, devemos analisar os sinais das tensões:

- ✓ ϵ_1 : positivo, pois ao percorrer o circuito no sentido horário (sentido que escolhemos) chegamos pelo polo positivo;
- ✓ $R_1 \cdot i_1$: positivo, pois estamos percorrendo o circuito no mesmo sentido que definimos o sentido de i_1 ;
- ✓ $R_2 \cdot i_2$: negativo, pois estamos percorrendo o circuito no sentido contrário que definimos para o sentido de i_2 ;
- ✓ ϵ_2 : negativo, pois ao percorrer o circuito no sentido horário (sentido que escolhemos), chegamos pelo polo negativo;
- ✓ $R_3 \cdot i_1$: positivo, pois estamos percorrendo o circuito no mesmo sentido que definimos o sentido de i_1 ;
- ✓ $R_4 \cdot i_1$: positivo, pois estamos percorrendo o circuito no mesmo sentido que definimos o sentido de i_1 ;

Considerando o sinal da tensão em cada componente, podemos escrever a equação desta malha como:

$$\varepsilon_1 + R_1 \cdot i_1 - R_2 \cdot i_2 - \varepsilon_2 + R_3 \cdot i_1 + R_4 \cdot i_1 = 0$$

Resistência em corrente alternada

Os resistores atuam sobre a corrente alternada praticamente do mesmo modo que sobre a contínua. A resistência que um resistor oferece à passagem da corrente elétrica, contínua ou alternada, é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Se enrolarmos um condutor sobre um núcleo de ferro, constituímos um indutor ou reator. Para a corrente contínua, a resistência a considerar é dada unicamente pela resistência (ôhmica) do enrolamento do reator. Entretanto, para a corrente alternada, deve-se considerar ainda outra resistência: reatância indutiva.

$$X_L = 2\pi fL$$

Onde:

X_L = reatância indutiva, em Ω

f = frequência da corrente alternada, em ciclos/segundo

L = coeficiente de auto-indução; é uma grandeza que caracteriza cada reator em particular e é dado em henrys.

Duas superfícies condutoras separadas por um isolante (dielétrico) constituem um capacitor. O capacitor não permite a passagem da corrente contínua. Entretanto, aparenta permitir a alternativa e oferece a passagem desta resistência, à qual damos o nome de reatância capacitiva.

A reatância capacitiva de um capacitor é dada por:

$$X_c = \frac{10^6}{2\pi f C}$$

Onde:

X_C = resistência capacitiva, em Ω

f = frequência da corrente alternada, em ciclos/segundo

C = capacitância, em microfarads (μF)

A capacitância é uma grandeza que caracteriza cada capacitor; sua unidade na prática se usa um submúltiplo, o microfarad (μF), que vale a milionésima parte de farad.

$$1 \mu F = \frac{1 F}{1.000.000} = \frac{1 F}{10^6}$$



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

O que é, o que é? Dá muitas voltas e não sai do lugar?

RESPOSTA:

O relógio.

POTÊNCIA ELÉTRICA

Potência elétrica é definida como a rapidez com que um trabalho é realizado. Ou seja, é a medida do trabalho realizado por uma unidade de tempo. 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 a 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.

EXEMPLO:

Uma lâmpada incandescente que em 1 segundo transforma 100 joule de energia elétrica em energia térmica e luminosa terá uma potência elétrica de 100 W.

Cálculo da potência média

A potência elétrica é uma grandeza física que mede a quantidade de trabalho realizado em determinado período de tempo, ou seja, é a taxa de variação da energia, de forma análoga à potência mecânica. Um forno elétrico industrial, por exemplo, tem uma potência maior do que um ferro elétrico doméstico, pois tem uma capacidade de produzir uma quantidade de calor maior num mesmo intervalo de tempo.

A potência média ***P_{med}*** em um determinado período de tempo é definida como:

$$P_{med} = E / \Delta t$$

Onde **E** é a energia gasta e **Δt** é o intervalo de tempo.

Potência em CC

Num circuito CC ideal, a tensão e a corrente se mantêm constantes ao longo do tempo. Assim, se a tensão elétrica entre dois pontos tem valor **U** e a corrente passando por esses pontos tem valor **I**, temos que $U(t) = U$ e $I(t) = I$. Sendo de acordo com a lei de Ohm, a tensão é o produto da corrente pela resistência.

Logo:

$$P = U \cdot I$$

Onde, **P** é a potência elétrica, **U** é a tensão elétrica e **i** é a corrente elétrica.

Potência em CA

Valor eficaz

O valor eficaz de uma corrente é determinado baseado em seu efeito de aquecimento. Em uma corrente de sinal periódico, esse valor é medido pelo valor em corrente contínua, que ao passar por um resistor, dissiparia a mesma quantidade de calor em um intervalo de tempo, isto é, que teria a mesma potência média. Normalmente, toma-se como referência de intervalo de tempo, o próprio período do sinal. A corrente eficaz é dada por:

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2(t) dt}$$

De maneira análoga, a **tensão eficaz** é o valor da ddp constante, que ao ser aplicada nos terminais de um resistor dissiparia a mesma quantidade de calor em um determinado período. Seu valor é dado por:

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$$

Esse cálculo coincide com o que em estatística é chamado de valor médio quadrático (*root mean square*, em inglês) de uma variável contínua. Por isso, é comum que esse valor seja chamado de RMS na literatura.

Para tensões e correntes senoidais, cujos valores máximos sejam, respectivamente, U_m e I_m , o valor eficaz é dado pela divisão do valor máximo por $\sqrt{2}$.

$$I_{ef} = I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$U_{ef} = U_{rms} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Potencial elétrico

Potencial elétrico é a capacidade que um corpo energizado tem de realizar trabalho, ou seja, atrair ou repelir outras cargas elétricas. Com relação a um campo elétrico, interessamos a capacidade de realizar trabalho associada ao campo em si, independentemente do valor da carga q colocada num ponto desse campo. Para medir essa capacidade, utiliza-se a grandeza potencial elétrico.

Para obter o potencial elétrico de um ponto, coloca-se nele uma carga de prova q e mede-se a energia potencial adquirida por ela. Essa energia potencial é proporcional ao valor de q . Portanto, o quociente entre a energia potencial e a carga é constante. Esse quociente chama-se potencial elétrico do ponto. Ele pode ser calculado pela expressão:

$$V = \frac{KQ}{d}$$

Onde,

- d é o potencial elétrico,
- K a energia potencial elétrica
- Q a carga.
- A unidade no SI é $J/C = V$ (volt)

Portanto, quando se fala que o potencial elétrico de um ponto L é $V_L = 10 V$, entende-se que este ponto consegue dotar de **10J** de energia cada unidade de carga de **1C**. Se a carga elétrica for **3C** por exemplo, ela será dotada de uma energia de 30J, obedecendo à proporção. Vale lembrar que é preciso adotar um referencial para tal potencial elétrico. Ele é uma região que se encontra muito distante da carga, teoricamente localizado no infinito.

Lembrando da energia cinética estudada em mecânica, sabemos que para que um corpo adquira energia cinética é necessário que haja uma energia potencial armazenada de alguma forma. Quando esta energia está ligada à atuação de um campo elétrico, é chamada **Energia Potencial Elétrica** ou **Eletrostática**, simbolizada por E_p .

$$E_p = K \cdot \frac{Qq}{d}$$

A unidade usada para a E_p é o joule (J).

Pode-se dizer que a carga geradora produz um campo elétrico que pode ser descrito por uma grandeza chamada **Potencial Elétrico** (ou eletrostático).

De forma análoga ao Campo Elétrico, o potencial pode ser descrito como o quociente entre a energia potencial elétrica e a carga de prova q .

Ou seja:

$$v = \frac{E_p}{q}$$

Lei de Faraday

Também conhecida como Lei de Indução Eletromagnética. Ela propõe que a variação do fluxo magnético através de um circuito desenvolve uma força eletromotriz induzida. Ou seja, o campo elétrico e magnético interagem.

Concebida em 1831 por Michael Faraday, a Lei foi formulada através de seus estudos e experimentos sobre o fenômeno da indução eletromagnética.

Caso você não saiba, a criação da Lei de Faraday foi fundamental para o eletromagnetismo, sendo o início de todo o processo para a construção do dínamo e sua utilização na produção de energia elétrica em larga escala.

Lei de Lenz

Heinrich Lenz foi o criador dessa segunda Lei. Ele baseou suas pesquisas no trabalho de Faraday e após algum tempo desenvolveu uma regra para definir o sentido da corrente induzida.

Neste período, já era fato concebido que cargas elétricas em movimento originam campo magnético, e que a corrente induzida também apresenta esse fenômeno.

Lenz obteve êxito ao observar que o aumento ou a diminuição do fluxo magnético determina o sentido desse campo. Após suas experiências, ele estabeleceu em sua Lei que a variação do fluxo magnético é contrária ao sentido do campo gerado pela corrente induzida.

Conversões de potência

A conversão de unidades na Física permite transformar as formas de representação de uma grandeza de acordo com a necessidade. Para tanto, é necessário que se conheçam as unidades estabelecidas pelo sistema internacional de unidades (SI) para cada tipo de grandeza física.

Cavalo-vapor (C.V.)

Se você ler uma dessas plaquetas que indicam as características de um motor, ficará sabendo qual é a sua potência mecânica em c.v. A potência mecânica em c.v., nos motores elétricos, varia de 1/10 (0,1 c.v.) a 50.000 c.v. e, em certas usinas elétricas, vai a mais de 100.000 c.v.

Para sua transformação, existe a seguinte relação de equivalência:

$$1 \text{ c.v. } \begin{cases} 736 \text{ j / s ou W} \\ 75 \text{ kgm / s} \\ \frac{736}{746} \text{ H.P.} \\ 0,736 \text{ kW} \end{cases}$$

Horse-power (H.P.)

É a unidade inglesa de potência. Muitos motores apresentam, em suas plaquetas de características, esta unidade inglesa. Para transformar essa unidade, devemos também aplicar a regra de três simples.

A sua relação de equivalência com as outras unidades é:

$$1 \text{ H.P. } \begin{cases} 746 \text{ j / s ou} \\ 76 \text{ kgm / s} \\ \frac{746}{736} \text{ H.P.} \\ 0,746 \text{ kW} \end{cases}$$

Joule por segundo (J/S) ou Watt (W)

É a unidade do Sistema Internacional de Unidades (SI), adotado oficialmente para potência. Como nas unidades anteriores, aplicamos a regra de três simples para calcular sua transformação.

Para o cálculo de sua transformação, temos a seguinte relação:

$$1 \text{ j / s ou } W = \begin{cases} \frac{1}{9,8} \text{ kgm / s} \\ \frac{1}{736} \text{ cv.} \\ \frac{1}{746} \text{ H.P.} \\ \frac{1}{1000} \text{ ou } \frac{1}{10} \text{ kW} \end{cases}$$



VOCÊ SABIA?

O termo **Watt (W)** foi criado em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina à vapor.

CAMPO ELÉTRICO

O conceito de campo foi introduzido por Michael Faraday ainda no século XIX, contudo sua adoção inicialmente, como ferramenta matemática para o tratamento dos problemas correlatos, tornou-se tão frutífera que hoje é praticamente impossível conceber-se um tratamento mais aprofundado em eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo sem que se lance mão do mesmo.

As equações de Maxwell são todas escritas em função dos campos elétricos e magnéticos. Em termos do campo aqui pertinente, o campo eletrostático, sabe-se que toda carga elétrica cria no espaço que a contém um campo elétrico, e qualquer carga elétrica imersa em um campo que não o campo por ela mesmo criado encontrar-se-á solicitada por uma força elétrica em virtude do mesmo.

O campo elétrico age entre dois corpos carregados de uma maneira similar à ação do campo gravitacional entre duas massas, e assim como este, estende-se até o infinito, exibindo, contudo, uma relação com o inverso do quadrado da distância, de forma que, se a distância aumentar, muito menor será seu efeito; e associado, muito menor será também a interação entre as cargas envolvidas.

Embora as semelhanças sejam significativas, há entretanto, uma importante diferença entre os campos eletrostáticos e os gravitacionais: a gravidade sempre implica atração entre as massas. Contudo a interação entre um campo e a carga pode expressar atração ou repulsão entre as cargas elétricas.

Como os grandes corpos massivos no universo, a exemplo os planetas ou estrelas, quase sempre não têm carga elétrica, os campos elétricos a estes devidos valem zero, de forma que a força gravitacional é de longe a força dominante ao considerarem-se dimensões astronômicas, mesmo sendo está muito mais fraca do que a força elétrica. Os movimentos dos corpos celestes são devidos essencialmente à gravidade que geram e que neles agem.

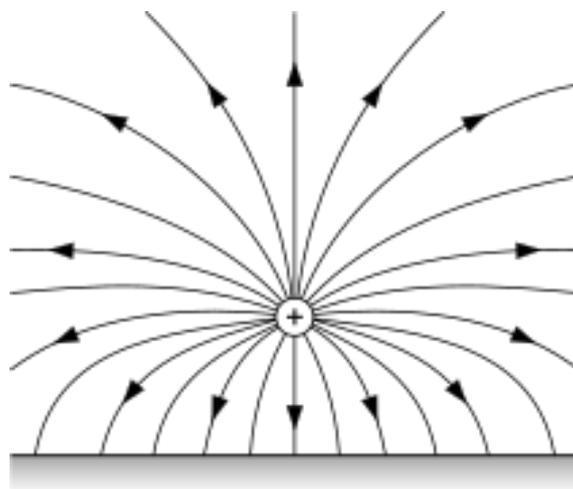


Figura 16: As linhas do campo emanando de uma carga elétrica positiva sobre um plano condutor.



VOCÊ SABIA?

Você sabe o que é centelha?

Quando o módulo do campo elétrico no ar excede um certo valor crítico, o ar sofre uma ruptura dielétrica, processo no qual o campo arranca elétrons de átomos do ar. Com isso, o ar se torna um condutor de corrente elétrica, já que os elétrons arrancados são postos em movimento pelo campo. Ao se moverem, esses elétrons colidem com outros átomos do ar, fazendo com que emitam luz. Podemos ver o caminho percorrido pelos elétrons graças à luz emitida, que recebe o nome de centelha.

A figura a seguir (*figura 16*) mostra as centelhas que aparecem na extremidade de condutores metálicos quando os campos elétricos produzidos pelos fios provocam a ruptura dielétrica do ar.

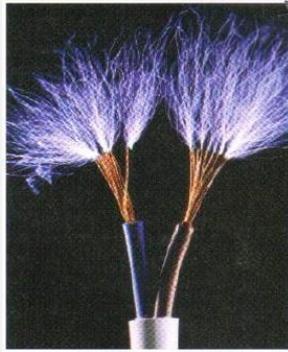


Figura 16: Centelhas na extremidade de condutores metálicos.

O campo eletrostático geralmente varia no espaço, e o seu módulo em um dado ponto é definido como a força por unidade de carga elétrica (newtons por coulomb) que seria experimentada por uma carga elétrica puntiforme, de valor negligenciável quando colocada no referido ponto. Esta carga elétrica hipotética, nomeada carga de prova, deve ser feita extremamente pequena, a fim de se prevenir que o campo elétrico por ela criado venha a perturbar a distribuição de cargas responsável pelo campo o qual deseja-se determinar, e deve ser feita estacionária, a fim de se prevenir eventuais influências de campos magnéticos - uma vez que esses últimos atuam apenas sobre cargas elétricas em movimento.

A definição de campo elétrico faz-se de forma dependente do conceito de força, essa uma grandeza vetorial. Tem-se, pois, em acordo com a definição, que o campo elétrico configura-se como um campo vetorial, tendo o vetor campo elétrico associado a cada ponto em particular uma direção e um módulo (valor) característicos também particulares.

Para produzir um campo com essas características, basta utilizar duas placas, planas e paralelas, eletrizadas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos. Um capacitor plano de placas paralelas pode ser citado como exemplo de criador de um campo elétrico uniforme.

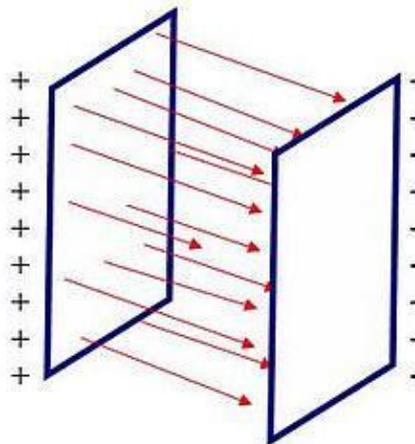


Figura 17: Campo elétrico entre placas planas paralelas eletrizadas.

O estudo das cargas elétricas estacionárias e dos campos elétricos criados por essas é denominado eletrostática. A mais usual representação e um campo vetorial é a representação por linhas. Uma representação direta seria a representação do campo de vetores, onde desenham-se os respectivos vetores campo elétrico, em um número suficientemente grande de pontos dos espaços a ponto de tornar-se o diagrama representativo o necessário, contudo não confuso. A representação por linhas emerge naturalmente ao observar-se que os vetores se dispõem no diagrama vetorial, no caso de problemas físicos, notoriamente de forma a sugerir um padrão de linhas contínuas.

Verificou-se que esse padrão de linhas sugerido poderia ser utilizado para representar um campo vetorial tão bem como o padrão por vetores, com a vantagem de ser de representação mais nítida e fácil. Nesse padrão, as linhas são usualmente, no caso elétrico ou gravitacional, denominadas linhas de força. A nomenclatura não é, contudo, a mais adequada ao caso da representação por linhas do campo magnético.

Na representação por linhas, verifica-se que duas linhas nunca se cruzam; que o vetor campo em um dado ponto é tangente à linha que passa pelo respectivo ponto; que as linhas são orientadas de forma condizente com os vetores; que o módulo de um vetor é proporcional à densidade espacial de linhas em sua vizinhança imediata. Quando propostos, os campos não apresentavam existência real, esse permeando todos os pontos do espaço - mesmo os pontos entre linhas em qualquer representação.

Os campos elétricos que emanam das cargas elétricas estacionárias têm as seguintes propriedades: as linhas de campo iniciam-se em cargas positivas e terminam em cargas negativas; as linhas de campo eletrostático deve encontrar as superfícies de quaisquer bons condutores elétricos em ângulo reto; e obviamente, elas nunca devem se cruzar.

Um condutor oco carrega todas as suas cargas em sua superfície. O campo por elas determinado é zero em todos os pontos internos ao corpo. Esse é o princípio de funcionamento da gaiola de Faraday; uma blindagem condutora isola todo o seu interior de efeitos eletrostáticos externos.

Os princípios da eletrostática mostram-se importantes em projetos de equipamentos para trabalho sobre alta tensão elétrica. Há um valor finito de campo elétrico admissível para cada meio diferente. Além desse limite, ocorre uma ruptura dielétrica acompanhada de arco elétrico entre as partes carregadas envolvidas. Por exemplo, para o ar confinado entre pequenas frestas, campos elétricos superiores a 30 quilovolts por centímetro levam à ruptura dielétrica.

Para grandes espaçamentos a tensão de ruptura é um pouco menor, da ordem de 1kV por centímetro. A forma mais natural de se visualizar tal situação é observar os raios, usualmente provocados por tensões elétricas tão grandes quanto 100 megavolts, implicando dissipações de energias usualmente da ordem de 250 kWh.

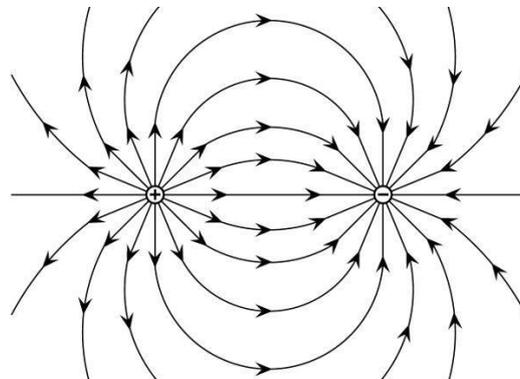


Figura 18: Campo elétrico entre diferenças de potencial elétrico.

A intensidade do campo elétrico é consideravelmente afetada nas proximidades de objetos condutores, sendo particularmente intenso nas proximidades de extremidades pontiagudas. Esse princípio é explorado nos para-raios, onde as pontas em sua extremidade elevada atuam de forma a encorajar os raios a atingi-los em detrimento das estruturas abaixo.

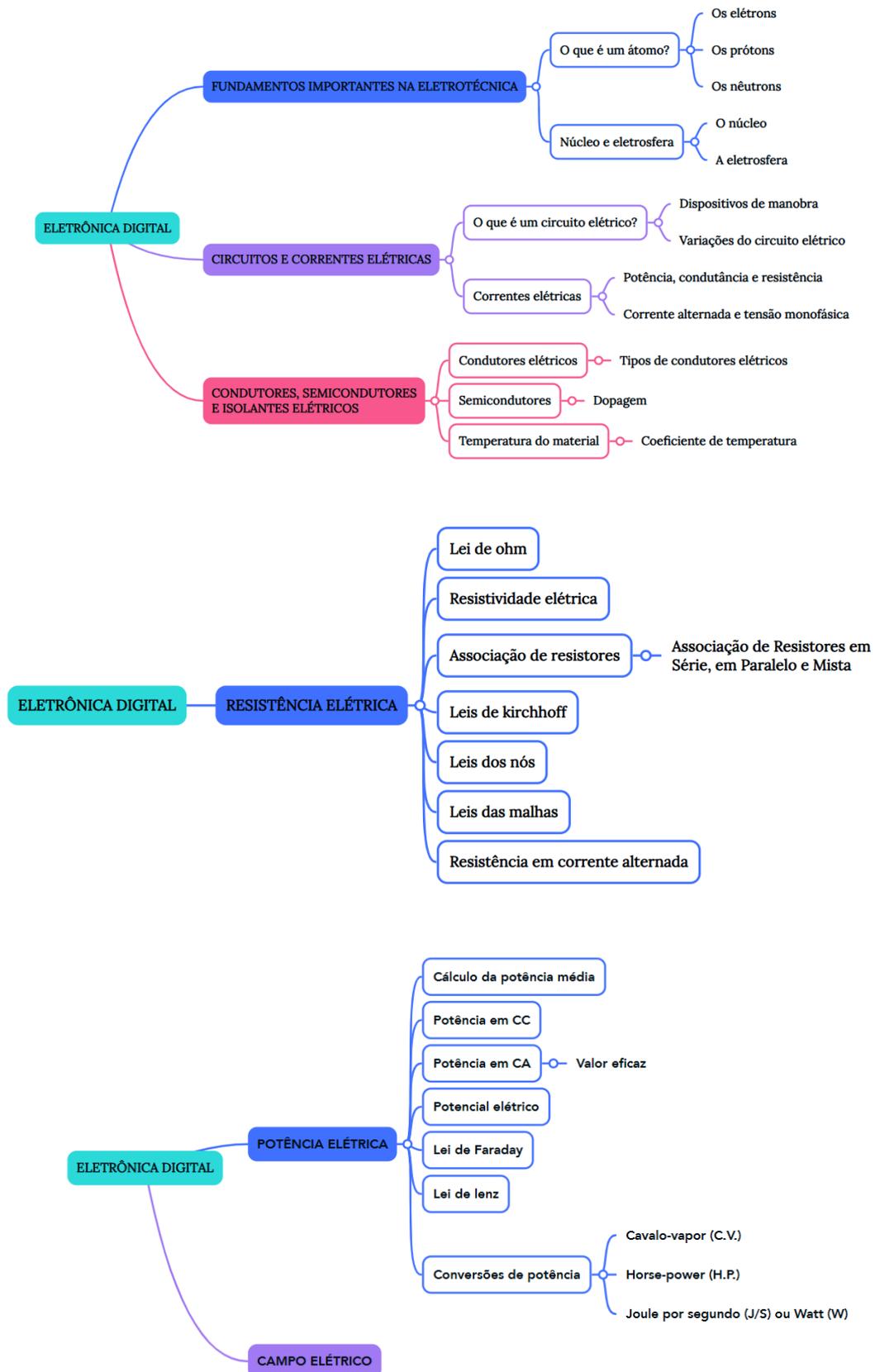


VOCÊ SABIA?

Ao apertar o interruptor da lâmpada, temos a impressão que ela liga instantaneamente, a diferença de potencial é estabelecida no fio com velocidades próximas à velocidade da luz. Esse processo faz com que quase todos os elétrons do fio passem a mover-se simultaneamente, é por essa razão que temos a sensação de que as lâmpadas acendem instantaneamente.

Sessões Especiais

MAPA DE ESTUDO



SÍNTESE DIRETA

1. Introdução à Eletrotécnica

- **Definição:** Ramo da engenharia elétrica voltado para geração, transmissão, distribuição e armazenamento de energia elétrica.
- Aplicações em usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas, solares e indústrias.

2. Fundamentos de Eletricidade

- Estrutura do átomo: Composição de prótons, nêutrons e elétrons.
- Eletricidade: Estudo de cargas elétricas e sua origem no termo grego "eléktron".
- Leis fundamentais:
 - ✓ **Lei de Ohm:** Relação entre tensão, corrente e resistência.
 - ✓ **Leis de Kirchhoff:** Conservação de carga elétrica e energia em circuitos.

3. Circuitos Elétricos e Correntes

- **Tipos de circuitos:** Aberto, fechado, desligado e desenergizado.
- **Correntes elétricas:**
 - ✓ **Contínua:** Fluxo unidirecional de cargas.
 - ✓ **Alternada:** Fluxo oscilante de cargas.
- Dispositivos de manobra: Interruptores e disjuntores.

4. Materiais Elétricos

- **Condutores:** Permitem o fluxo de corrente.
- **Isolantes:** Resistem ao fluxo de corrente.
- **Semicondutores:** Podem agir como condutores ou isolantes.

5. Resistência Elétrica

- **Resistência:** Oposição ao fluxo de corrente elétrica.
- **Associações:**
 - ✓ **Série:** Soma das resistências.
 - ✓ **Paralelo:** Recíprocos das resistências somadas.
 - ✓ **Mista:** Combinação das anteriores.
- **Influência da temperatura:** Resistência varia com o aumento ou redução de temperatura.

6. Potência Elétrica

- **Definição:** Rapidez na transformação de energia elétrica em outra forma de energia.
- **Cálculos:**
 - ✓ **Potência média:** $P = \frac{E}{\Delta t}$.
 - ✓ **Potência em corrente contínua:** $P = U \cdot I$.
 - ✓ **Unidades e conversões:** Watt (W), joule, cavalo-vapor, horse-power.

7. Campo Elétrico

- Conceito: Espaço ao redor de uma carga onde forças elétricas atuam.
- Propriedades:
 - ✓ Linhas de campo vão de cargas positivas para negativas.
 - ✓ Aplicações como a gaiola de Faraday.

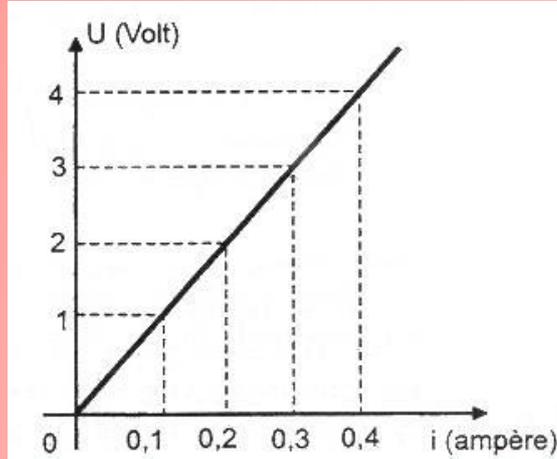
8. Leis do Eletromagnetismo

- **Lei de Faraday:** Variação do fluxo magnético gera força eletromotriz induzida.
- **Lei de Lenz:** Sentido da corrente induzida é oposto à variação do fluxo magnético.

MOMENTO QUIZ

4. Forma-se, por meio da resistência elétrica de um chuveiro, uma corrente elétrica de 20 A, quando ligada a uma diferença de potencial de 110 V. Assinale, entre as alternativas a seguir, aquela que apresenta corretamente o valor da resistência elétrica desse chuveiro.
- 2200 Ω .
 - 2 Ω .
 - 5,5 Ω .
 - 30 Ω .
 - 10 Ω .
5. Em determinado elemento resistivo de um circuito, de resistência elétrica equivalente a 100 Ω , forma-se uma corrente elétrica de 200 mA. Indique a diferença de potencial formada entre os terminais desse resistor:
- 200 V.
 - 20 V.
 - 0,2 V.
 - 5 V.
 - 10 V.

1. (PUC-PR) Um estudante de Física mede com um amperímetro a intensidade da corrente elétrica que passa por um resistor e, usando um voltímetro, mede a tensão elétrica entre as extremidades do resistor, obtendo o gráfico abaixo. Pode-se dizer que a resistência do resistor vale:



- a) 1 Ω.
 b) 10 Ω.
 c) 100 Ω.
 d) 0,1 Ω.
 e) 0,01 Ω.
2. Determine a energia consumida mensalmente por um chuveiro elétrico de potência 4000W em uma residência onde vivem quatro pessoas que tomam, diariamente, 2 banhos de 12 min. Dê sua resposta em Kwh.
- a) 192.
 b) 158.
 c) 200.
 d) 300.
 e) 90.
3. Uma ddp de 72 V foi aplicada a um resistor, resultando na formação de uma corrente elétrica de 6 A. Indique o valor da resistência elétrica desse resistor:
- a) 0,08 Ω.
 b) 432 Ω.
 c) 12 Ω.
 d) 1,2 Ω.
 e) 120 Ω.

Gabarito

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

Referências

CIPELLI, Marco. Ensino Modular: Eletricidade – Circuitos em corrente Contínua. São Paulo: Érica, 1999.

DORF, Richard C; SVOBODA, James. A Introdução aos circuitos elétricos. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MARKUS, Otávio. Circuitos elétricos: corrente contínua e corrente alternada. São Paulo: Érica, 2008.

BOLTON, W. Análise de Circuitos Elétricos. São Paulo: Makron Books, 1994.

LOURENÇO, Antônio Carlos. Circuitos em corrente contínua. São Paulo: Érica, 2000.

TUCCI, Wilson J.; BRANDASSI, Ademir E. Circuitos Básicos em Eletricidade e Eletrônica. São Paulo: Nobel, 1981.



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.



Ineprotec