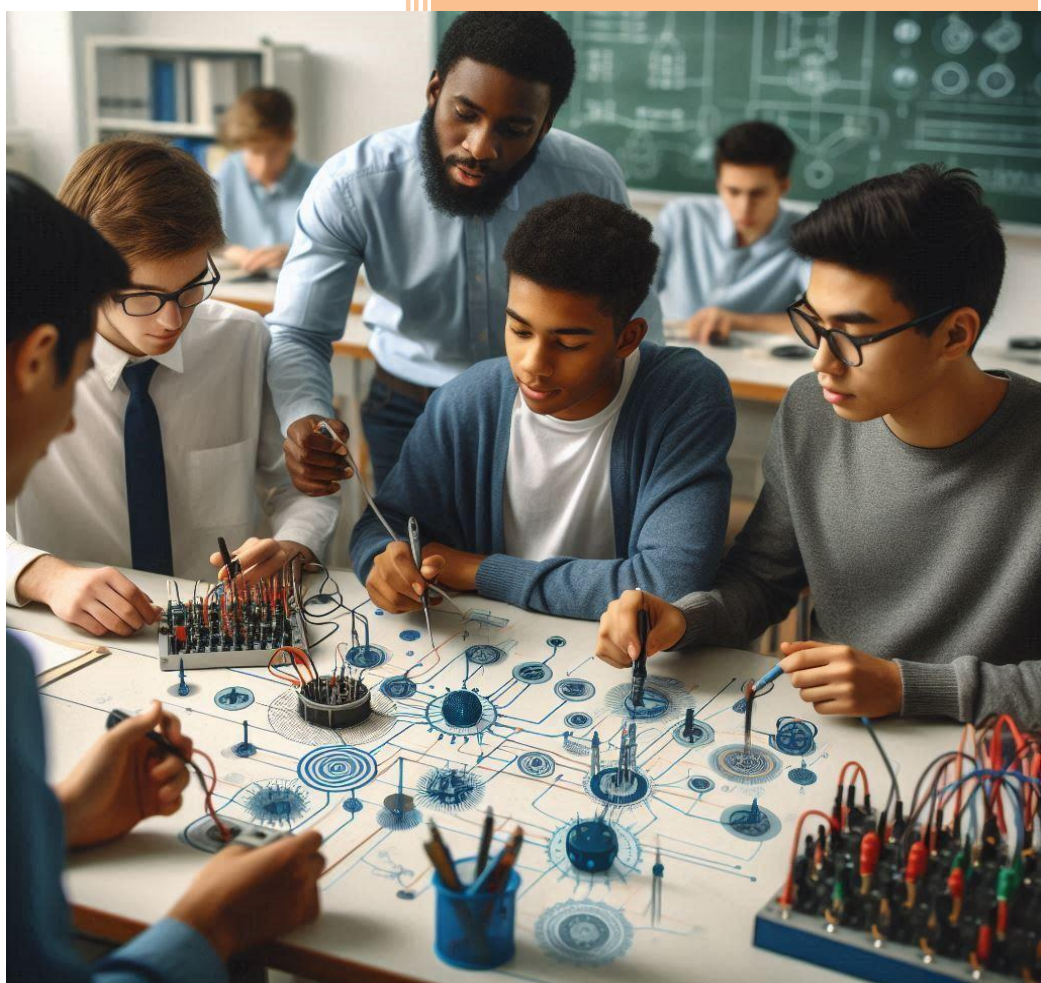




2025

SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO *PROTOBOARD* E MULTÍMETRO PARA O ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



Uelpis Luiz Tenório da Silva

Orientadora:
Profa. Dra. Sara Cristina Pinto
Rodrigues
1/1/2025



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 58**

Uelpis Luiz Tenório da Silva

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO *PROTOBOARD* E MULTÍMETRO PARA O
ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Recife
2025

Uelpis Luiz Tenório da Silva

SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO *PROTOBOARD* E MULTÍMETRO PARA O
ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES UTILIZANDO *PROTOBOARD* E MULTÍMETRO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 58 – UFRPE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Sara Cristina Pinto Rodrigues

Recife
2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a DEUS por ter me dado a vida e por permitir que eu esteja vivendo esta experiência maravilhosa e, por vezes, dolorosa que é o ato de viver.

Especialmente, agradeço à minha orientadora, Dr^a Sara Rodrigues, pela dedicação, paciência e disponibilidade na condução da minha dissertação. Com certeza, seu nome estará escrito nas estrelas por ter ajudado o Criador a tornar o mundo melhor.

Agradeço a todos os professores que compõem a equipe do MNPEF da UFRPE por serem pacientes e compreensivos com os alunos, tornando o programa de pós-graduação mais humanizado e agradável na construção do conhecimento.

Também agradeço aos meus amigos do mestrado cuja cooperação e compreensão foram imprescindíveis. Foi sensacional conhecer vocês!

Aos meus familiares, muita gratidão por também acreditarem em mim e por me incentivar a permanecer no trilho e não esmorecer.

A todos os profissionais, meu muito obrigado, pois todos contribuíram de maneira direta ou indireta no meu crescimento na busca do conhecimento, pois ninguém chega à vitória sozinho.

Por fim, sou muito grato à Sociedade Brasileira de Física, à CAPES e à Universidade Federal Rural de Pernambuco por permitirem a criação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, dando-nos a oportunidade de aperfeiçoarmos nossos conhecimentos de modo que possamos otimizar o processo de ensino e aprendizagem de Física no nosso país.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo geral	6
2.2 Objetivos específicos	6
3. SALA DE AULA INVERTIDA	7
4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	9
4.1 Elaboração de um cronograma de execução.....	9
4.2 Primeiro momento: apresentação do produto	12
4.3 Segundo momento: desvendando o código de cores de resistores	12
4.4 Terceiro momento: usando o multímetro e protoboard para medidas de diversas grandezas elétricas.....	13
4.5 Quarto momento: verificação da lei de Ohm, resistência ôhmica e não-ôhmica	13
4.6 Quinto momento: verificação das leis que regem uma associação em série de resistores	14
4.7 Sexto momento: verificação das leis que regem uma associação em paralelo de resistores	15
4.8 Sétimo momento: Aplicação do questionário final	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
6. REFERÊNCIAS	18
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	20
APÊNDICE B – APOSTILA	24
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL	57

1. INTRODUÇÃO

Este produto educacional tem por objetivo oferecer uma sequência didática usando a metodologia ativa chamada sala de aula invertida e a realização de alguns experimentos de eletrodinâmica com ênfase na associação em série e paralelo de resistores. É destinado a professores do ensino médio, licenciandos e licenciados que estejam ministrando ou aprendendo a introdução à eletrodinâmica. Para isso foi elaborada uma apostila potencialmente significativa com os conteúdos básicos tais como corrente, tensão, resistência, circuitos elétricos entre outros. Foram elaborados roteiros para a realização dos experimentos em sala de aula ou em um laboratório que ajudarão o professor na condução da construção do conhecimento em eletrodinâmica pelos alunos. É aconselhável seguir a sequência do produto, visto que os conteúdos foram apresentados de forma gradativa de modo que facilite o entendimento dos alunos.

O produto educacional foi elaborado, também, com o intuito de promover uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), visto que os alunos conseguem identificar os componentes essenciais de um circuito, aprendem a medir algumas grandezas elétricas, a fazer montagens no *protoboard* e a calcular e conferir, na prática, as leis que regem o funcionamento de alguns circuitos que fazem parte de diversos aparelhos eletroeletrônicos. Nós, como educadores, temos que mediar o uso da ciência e tecnologia dentro do contexto social dos educandos, de modo que os mesmos possam usar tais conhecimentos de maneira crítica na tomada de decisões políticas sobre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Dentro dessa perspectiva, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) cita algumas habilidades e competências que serão praticadas neste produto educacional. A atividade experimental facilitará a mudança de paradigma do conhecimento chamado senso comum para o conhecimento científico.

Espero que este produto contribua para o aperfeiçoamento do ensino de Física e que possa ajudar o professor do ensino médio na condução de suas aulas utilizando uma metodologia ativa e realizando experimentos de eletrodinâmica junto a seus aprendizes. Diante do exposto acima, convido o educador a ler e a utilizar este produto de modo a otimizar o fazer pedagógico dessa função tão nobre que é ser professor.

Nos próximos tópicos serão apresentados o objetivo geral e os específicos, a teoria sobre a metodologia da sala de aula invertida e uma sequência didática com um cronograma de execução que poderá ser seguido pelos professores, licenciandos ou licenciados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Aplicar o produto educacional baseado em atividades experimentais e metodologias ativas, como a Sala de Aula Invertida, para o ensino de eletrodinâmica visando promover a aprendizagem significativa dos alunos do ensino médio.

2.2 Objetivos específicos

1. Elaborar uma sequência didática que integre teoria e prática, utilizando kits experimentais, multímetros, protoboards e uma apostila potencialmente significativa (Apêndice B), para facilitar a compreensão dos conceitos abordados.

2. Implementar a metodologia da Sala de Aula Invertida para engajar os alunos na construção do conhecimento, promovendo a autonomia e a participação ativa no processo de aprendizagem.

3. Realizar atividades experimentais que permitam aos alunos vivenciar e aplicar os conceitos teóricos apresentados na apostila (Apêndice B), utilizando recursos como resistores, diodos, multímetros, *protoboards* e fontes de alimentação contínua e variável.

4. Discutir as dificuldades e facilidades encontradas pelos alunos e pelo professor durante a aplicação do produto educacional, identificando pontos de melhoria e contribuições para o ensino de física.

5. Contribuir para a aprendizagem significativa dos alunos do ensino médio, oferecendo um recurso didático que possa ser utilizado para o ensino e aprendizagem da eletrodinâmica, promovendo a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) e a mudança de paradigma do senso comum para o conhecimento científico.

6. Fomentar a produção de pesquisas e publicações na área do ensino de física, incentivando a continuidade de estudos e a aplicação de metodologias ativas que possam aprimorar a prática pedagógica no contexto social, histórico e cultural dos educandos.

3. SALA DE AULA INVERTIDA

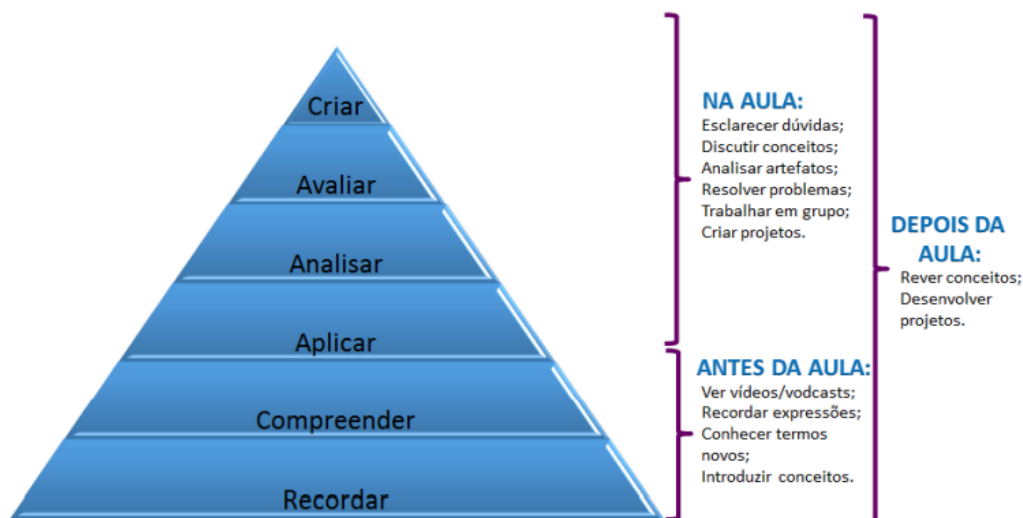
Na sala de aula invertida o professor disponibiliza textos, vídeos e materiais potencialmente significativos formando toda uma estrutura de apoio ao estudante e, após utilizarem esses meios disponibilizados para o aprendizado, tiram as dúvidas com professor. Inverte a ordem da aprendizagem. Primeiro estuda-se pelos materiais e recursos disponíveis e apresentados pelo professor e depois tira-se as dúvidas. O professor existe como um mediador e planejador do processo.

Sams e Bergmann (2021, p.11) aborda o conceito de sala de aula invertida como “o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula”. Embora essa definição explique de forma clara o conceito de sala de aula invertida, ela é muito resumida. Os próprios autores afirmam que “há mais que isso a ser invertido” (SAMS e BERGMANN, 2011, p.11.). Os professores elaboram ou separam o material direcionando os alunos no seu aprendizado e os estudantes utilizam este material tirando suas dúvidas e participando de outras atividades em sala de aula. Como podemos observar, os alunos se tornam protagonistas do seu próprio aprendizado, sendo o professor um orientador de todo o processo. Esta metodologia de ensino desenvolve a autonomia e responsabilidade dos alunos à medida em que os mesmos, de posse do material potencialmente significativo elaborado, têm que utilizar estes materiais para a construção de seu conhecimento. A personalização da aprendizagem, neste método, permite que os alunos acessem o material quantas vezes for preciso e a qualquer horário, atendendo a algumas necessidades individuais e estimulando o interesse e a motivação. Diferentemente do ensino tradicional, os alunos participam de maneira ativa utilizando atividades práticas e interativas em sala de aula, desenvolve habilidades e competências através de um pensamento crítico, colaboração e engajamento com seus pares e com o professor.

Studart (2019) simplifica o processo da sala de aula invertida em três fases: antes da aula, durante a aula e depois da aula. Antes da aula os alunos obtêm informações por meio de vídeos, leituras e busca na internet, levantam dúvidas e fazem tarefas. Durante a aula, os alunos tiram dúvidas com os professores e realizam atividades colaborativas tais como resolução de problemas, experimentos, simulações e etc. Schmitz (2016), referindo-se à Taxonomia revista de Bloom citada por Texeira (2023), cuja função é “auxiliar na planificação, organização e controle dos objetivos de aprendizagem” (TEXEIRA, 2013, p.25) afirma que “o autor considera que as seis categorias do domínio cognitivo da pirâmide

hierárquica da Taxonomia de Bloom são facilmente integradas no modelo de inversão da sala de aula, de forma a promover a progressão dos diversos domínios cognitivos em três momentos: antes, durante e após a aula” (SCHMITIZ, 2016, p.63). Isto é representado na Figura 3.1.

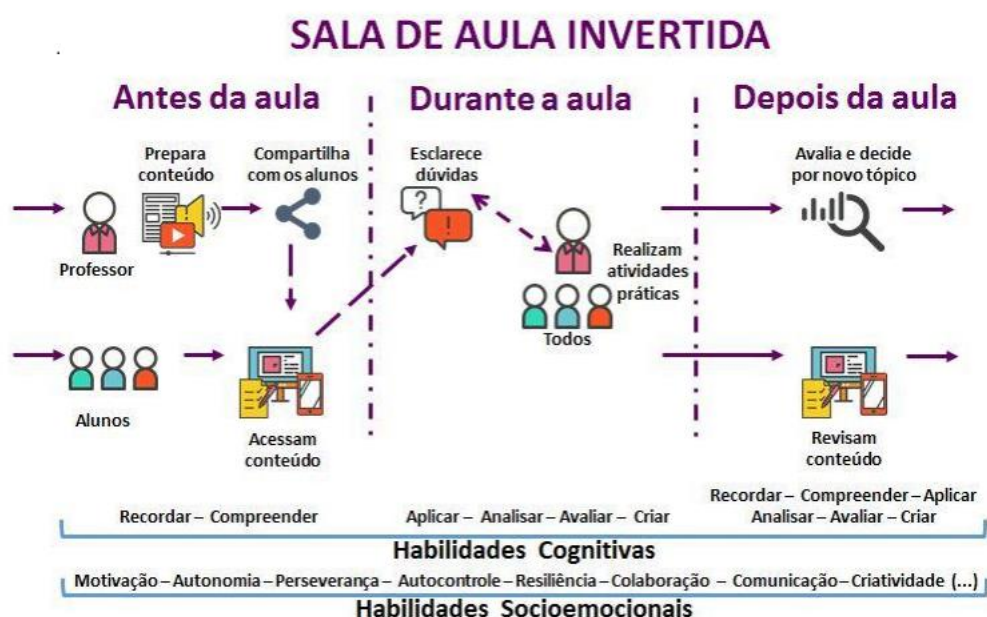
Figura 3.1 – Pirâmide hierárquica da Taxonomia de Bloom.



Fonte: Schmitiz (2016, p.64) adaptado de Texeira (2013, p.27)

Schmitz (2016) resume a sala de aula invertida por meio da Figura 3.2, onde o professor, antes da aula, prepara os conteúdos (apostilas, vídeos e etc) e em seguida compartilha com os alunos que acessam os conteúdos e começam, ativamente, a construção do conhecimento. Na sala de aula, os alunos tiram as dúvidas com os professores e realizam atividades práticas. Depois da aula, o professor avalia o processo e decide por um novo tópico e os alunos revisam o conteúdo.

Figura 3.2 – Modelo de sala de aula invertida usando as seis categorias da Pirâmide hierárquica da Taxonomia de Bloom.



Fonte: Schmitiz (2016, p.67)

No Apêndice B deste produto educacional, se encontra uma apostila com os conteúdos sobre eletricidade que serão abordados neste trabalho. Conceitos como tensão, corrente e resistência elétricas, associação em série e paralelo de resistores entre outros, servirão de base para a execução das atividades práticas de modo que os alunos tenham uma aprendizagem significativa. A seguir será apresentada a sequência didática junto com o cronograma de execução.

4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.1 Elaboração de um cronograma de execução

A elaboração do cronograma de execução é de extrema importância, pois permite ao professor administrar o tempo necessário para tirar as dúvidas e fazer os experimentos impedindo que ocorra atrasos. Abaixo está disponível uma sugestão de cronograma de execução. O número de aulas pode ser ajustado conforme as necessidades e dificuldades de cada turma.

Dia	Data	Aulas (50min)	Temas	Atividades
1º	-----	2	1.Questionário diagnóstico; 2.Sala de aula invertida.	1.Explicar sobre a aplicação do produto e a metodologia da sala de aula invertida; 2.Formar os grupos de alunos; 3.Formar o grupo do <i>WhatsApp</i> ; 4. Criar uma sala no <i>Google Classroom</i> ; 5.Aplicação do questionário diagnóstico. 6.Ler em casa as páginas de 01 a 06, o apêndice A da apostila e assistir os vídeos sugeridos do <i>YouTube</i> para a 2º aula.
2º	-----	2	1. Quantidade de Carga Elétrica; 2. Condutores e isolantes; 3. Corrente Elétrica; 4. Potencial Elétrico; 5. Tensão elétrica.	1. Explicar os pontos duvidosos dos referidos temas da apostila e de alguns vídeos do <i>You Tube</i> . 2. Tirar dúvidas sobre leitura do código de cores dos resistores; 3. Ler em casa as páginas de 07 a 11 e os Apêndices B e C da apostila para a 3ª aula.
3º	-----	2	1.Resistência Elétrica; 2.Campo Elétrico; 3.Efeito Joule.	1. 20min iniciais para tirar dúvidas referentes à leitura da apostila e aos vídeos sobre multímetro; 2.Aprender a usar o multímetro; 3.Aprender a usar o protoboard; 4.Medir tensão, corrente e resistência com o multímetro; 5. Ler as páginas de 11 a 14 da apostila para a 4ª aula.
4º	-----	2	1.1ª Lei de Ohm; 2.Potência Elétrica; 3.Circuito Elétrico.	1. 20min iniciais para tirar dúvidas referentes à leitura da apostila; 2.Traçar as curvas de tensão em função da

				corrente do resistor no apêndice D da apostila (Resistência ôhmica); 3. Traçar o gráfico da corrente em função da tensão do diodo no apêndice E da apostila (Resistência não ôhmica); 4. Leitura das páginas 14 a 16 da apostila para a 5ª aula.
5º	-----	2	1.Associação em série de resistores.	1. 20min iniciais para tirar dúvidas referentes à leitura da apostila e aos vídeos do <i>You Tube</i>; 2. Montar a associação em série no protoboard e verificar as características desta associação através da medição de corrente, tensão e resistência total (Apêndice F da apostila); 3. Ler as páginas de 16 a 20 da apostila para a 6ª aula.
6º	-----	2	1.Associação em paralelo de resistores.	1. 20min iniciais para tirar dúvidas referentes à leitura da apostila e aos vídeos do <i>You Tube</i>; 2. Montar a associação em paralelo de resistores no protoboard e verificar as características desta associação através da medição de corrente, tensão e resistência (Apêndice G da apostila). 3. Estudar para fazer uma avaliação somativa.
7º	-----	2	1.Avaliação	1. Fazer uma atividade avaliativa final da aprendizagem.

4.2 Primeiro momento: apresentação do produto

Antes de começarmos a abordar a sequência de momentos, enfatizamos que, tudo que se refere à apostila se encontra no apêndice B deste produto educacional.

O primeiro momento será destinado ao esclarecimento de como será a aplicação do produto. Será explicado ao aluno a definição de metodologia ativa e de sala de aula invertida e suas responsabilidades nesse processo. Serão formados grupos de três ou quatro alunos para a realização das experiências em eletrodinâmica e também o grupo no *WhatsApp* e abertura da turma no *Google Classroom*, onde serão enviadas a apostila (Apêndice B) e vídeos referentes aos temas em estudo. Neste dia será aplicado também um questionário diagnóstico (Apêndice A) com o objetivo de sondar os conhecimentos prévios e possíveis subsunções dos alunos para um melhor planejamento das aulas. Os alunos serão orientados a fazer a leitura do Apêndice B (páginas de um a seis e o Apêndice A da apostila) e a assistir os vídeos do canal Física com Douglas (Corrente Elétrica – Uma Introdução à Eletrodinâmica e Live: corrente elétrica) no *You Tube* escolhidos pelo professor e disponibilizados no *WhatsApp* e *Google Classroom* durante a semana. A apostila foi elaborada de modo que fosse potencialmente significativa e outros vídeos poderão ser escolhidos pelo professor.

4.3 Segundo momento: desvendando o código de cores de resistores

No segundo momento serão tiradas as dúvidas referentes à leitura das páginas de um a seis e do Apêndice A da apostila que se encontra no Apêndice B, pois é através dessa leitura que os alunos construirão os conceitos básicos da eletrodinâmica, tais como corrente, tensão, resistência e potencial elétricos. Nesta aula, também serão feitos alguns ajustes e colocação dos alunos, que faltaram na aula anterior, em algum grupo. Serão tiradas dúvidas com relação à leitura do código de cores de resistores cujo referente assunto se encontra no apêndice B (ver Apêndice A da apostila). Esta aula servirá de preparação para a realização dos experimentos das aulas posteriores. Em seguida, os alunos serão orientados a ler as páginas de sete a onze e os apêndices B e C da apostila (Apêndice B), onde possuirão a noção do uso do multímetro e do *protoboard*.

4.4 Terceiro momento: usando o multímetro e protoboard para medidas de diversas grandezas elétricas

Materiais: uma bateria de 9V; resistores de $1\text{k}\Omega$, $2,2\text{k}\Omega$ e $3,3\text{k}\Omega$; *protoboard*; multímetro digital.

Objetivo: aprender a utilizar o multímetro, protoboard e a medir tensão e resistência elétricas.

Os minutos iniciais deste momento serão utilizados para tirar dúvidas referentes à resistência elétrica, campo elétrico e efeito Joule. Em seguida, serão formados os grupos para a realização de experiências práticas. Será entregue para cada grupo um multímetro cujas explicações se encontram no Apêndice B (ver Apêndice C da apostila), um *protoboard* (ver Apêndice B da apostila), uma bateria de 9V e resistores de $1\text{k}\Omega$, $2,2\text{k}\Omega$ e $3,3\text{k}\Omega$ (ver Apêndice A da apostila). Após uma breve explicação sobre o uso do multímetro pelo professor, os alunos serão orientados a ler o código de cores de cada resistor com as respectivas tolerâncias e fazer as medidas com o multímetro. Posteriormente, os alunos medirão a tensão contínua constante da bateria. Os alunos que tiverem maior compreensão dos temas serão orientados a ajudar os outros alunos junto com o professor, estimulando assim a discussão, colaboração, negociação de informações e a interação, típicas de uma aprendizagem ativa e significativa. Por fim, os alunos serão orientados a lerem em casa as páginas de onze a quatorze da apostila (Apêndice B) para o quarto momento e a assistirem temas relacionados à lei de Ohm, do canal Física com Douglas (Resistência Elétrica e Primeira Lei de Ohm), no *You Tube*.

4.5 Quarto momento: verificação da lei de Ohm, resistência ôhmica e não-ôhmica

Materiais: uma bateria de 9V; um conector de bateria; resistor de $1\text{k}\Omega$; *protoboard*; multímetro digital; fonte de tensão variável com ajuste fino.

Objetivo: verificar a lei de Ohm, o gráfico de uma resistência ôhmica e não - ôhmica.

Os primeiros minutos dessa aula serão destinados a tirar dúvidas referentes à leitura da apostila da semana que se passou, cujo conteúdo se inicia a partir da lei de Ohm. Serão tiradas as dúvidas referentes à lei de Ohm, potência, circuitos elétricos, resistência ôhmica e não-ôhmica. Em seguida serão formados os grupos para fazer os experimentos de modo a traçar

os gráficos da tensão versus corrente, num circuito com resistor para verificação do comportamento do gráfico para uma resistência ôhmica (ver Apêndice D da apostila). Em seguida será feito o gráfico da corrente versus tensão no diodo para observar como se comporta uma resistência não-ôhmica (ver Apêndice E da apostila). Para o experimento com o diodo, será necessária uma fonte de tensão variável de preferência com ajuste fino, ou seja, de modo que se possa aumentar ou diminuir pequenos valores de tensão aplicados ao circuito. Após o término dos dois experimentos, os alunos serão orientados a fazer a leitura das páginas quatorze a dezesseis da apostila (Apêndice B) e a assistirem o vídeo no *You Tube*, do canal Davi Oliveira – Física 2.0 (Associação de Resistores (EM SÉRIE)) sobre associação em série de resistores para o quinto momento.

É importante salientar que para a medida de corrente, o multímetro tem que ser colocado em série no circuito.

4.6 Quinto momento: verificação das leis que regem uma associação em série de resistores

Materiais: uma bateria de 9V; um conector de bateria; resistores de $1\text{k}\Omega$, $2,2\text{k}\Omega$ e $3,3\text{k}\Omega$; *protoboard*; multímetro digital.

Objetivo: verificar as leis que regem uma associação em série de resistores.

Como nas aulas anteriores, os primeiros minutos serão destinados a tirar dúvidas com relação à associação em série de resistores, conteúdo que os alunos foram orientados a ler na semana anterior. Posteriormente, serão entregues para cada grupo um multímetro, resistores de $1\text{k}\Omega$, $2,2\text{k}\Omega$ e $3,3\text{k}\Omega$, um *protoboard* e uma bateria de 9V com o conector. Logo após os alunos seguirão os passos do Apêndice B (ver Apêndice F da apostila), ou seja, no primeiro passo calcularão a resistência total, a corrente total e a tensão em cada resistor. No segundo passo montarão o circuito no *protoboard* ligando os resistores em série alimentado por uma tensão contínua constante de 9V e farão as medidas da resistência total, tensão total e da tensão em cada resistor. Em seguida, no terceiro passo, colocarão o multímetro em série e em várias posições no circuito para a medida da corrente total. No quarto passo será pedido para os alunos somarem a tensão medida de cada resistor e depois compararem com a tensão total de

modo que, por indução, eles concluam que a soma da tensão que fica em cada resistor será igual à tensão da fonte. Há uma pergunta no quinto passo que induz o aluno a concluir que a corrente em qualquer parte do circuito, numa associação em série, é a mesma em todo o circuito. No sexto passo, será perguntado aos alunos se os valores calculados coincidiram com as medidas feitas e, caso ocorra diferença, que eles argumentem com o professor o porquê da ocorrência de tal fato. Por último, os alunos serão orientados a ler as páginas de dezesseis a vinte da apostila (Apêndice B) e a assistirem o vídeo no *You Tube*, do canal Davi Oliveira – Física 2.0 (Associação de Resistores (EM PARALELO)), relacionado à associação em paralelo de resistores, preparando-os para a sexta aula.

4.7 Sexto momento: verificação das leis que regem uma associação em paralelo de resistores

Materiais: uma bateria de 9V; um conector de bateria; resistores de $1\text{k}\Omega$, $2,2\text{k}\Omega$ e $3,3\text{k}\Omega$; *protoboard*; multímetro digital.

Objetivo: verificar as leis que regem uma associação em paralelo de resistores.

Os primeiros minutos se destinará a tirar dúvidas referentes à leitura da apostila com relação à associação em paralelo de resistores. Na sequência, serão entregues aos grupos um multímetro, um *protoboard*, resistores de $1\text{k}\Omega$, $2,2\text{k}\Omega$ e $3,3\text{k}\Omega$ e bateria com respectivo conector. Os alunos, sob a orientação do professor, montarão uma associação em paralelo de resistores e seguirão os passos do Apêndice G da apostila que se encontra no Apêndice B. Os estudantes medirão as correntes em cada ramo da associação e depois somarão todas elas. É pedido que os alunos somem as correntes para que, de maneira indutiva, eles concluam que a soma das correntes em cada ramo de uma associação em paralelo de resistores é igual à corrente total (passo três do Apêndice F da apostila). Os alunos medirão a tensão em cada resistor e compararão com a tensão total (quarto passo do Apêndice F da apostila). No quinto passo será perguntado se os valores coincidiram com os cálculos e, em caso negativo, que argumentem com o professor de o porquê deu diferente. Em seguida os alunos serão orientados a revisarem em casa os conteúdos para fazer uma avaliação somativa (avaliação das aprendizagens e habilidades adquiridas em determinado período) que será aplicada na aula seguinte com intuito de saber se houve uma aprendizagem significativa.

4.8 Sétimo momento: Aplicação do questionário final

Esta aula será utilizada para fazer uma avaliação somativa e verificar se houve alguma aprendizagem. Será entregue um questionário semelhante ao primeiro (Apêndice C), com três questões modificadas e a repetição, a partir da quarta questão, do Apêndice A. Na primeira questão, será perguntado ao aluno o que ele achou da apostila com relação ao conteúdo e à diagramação. Esta resposta à primeira questão serve para uma autoavaliação do professor com relação ao material aplicado de modo que se torne o mais potencialmente significativo possível. Na segunda questão, será perguntado sobre o que o aluno achou com relação à metodologia ativa e o ensino tradicional. A resposta do aluno à segunda questão tem por objetivo saber a preferência do aluno com relação à metodologia de ensino e se realmente a metodologia ativa foi melhor para o aprendiz. Na terceira questão, será perguntado se as atividades experimentais facilitaram na construção do conhecimento, de temas da eletrodinâmica, pelos alunos e a resposta dos aprendizes servirá para quantificar o número de alunos que aprovaram essas atividades experimentais. Da quarta questão em diante, haverá uma repetição do questionário diagnóstico para análise dos resultados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto educacional busca integrar metodologias ativas, como a sala de aula invertida, com atividades experimentais para o ensino de eletricidade, visando promover uma aprendizagem significativa e a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) entre os alunos do ensino médio. A sequência didática proposta, aliada ao uso de recursos como multímetros, *protoboards* e apostila potencialmente significativa, permitem que os alunos vivenciem, na prática, os conceitos teóricos, facilitando a transição do senso comum para o conhecimento científico. A metodologia da sala de aula invertida mostra-se eficaz ao colocar o aluno como protagonista do seu aprendizado, desenvolvendo autonomia, responsabilidade e habilidades críticas. Além disso, a realização de experimentos práticos proporcionou um ambiente de colaboração e engajamento, essencial para a construção do conhecimento.

Por fim, este material não apenas contribui para o aperfeiçoamento do ensino de Física, mas também serve como um recurso valioso que pode ser usado, como instrumento pedagógico, por professores, licenciandos e licenciados. A aplicação deste produto educacional pode fomentar a reflexão sobre a prática pedagógica, incentivando a adoção de metodologias ativas que promovam a aprendizagem significativa e a contextualização dos conhecimentos científicos no cotidiano dos alunos. Espera-se que este trabalho inspire novas pesquisas e práticas inovadoras no ensino de Física, contribuindo para a melhoria da educação científica e tecnológica no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

BERGMANN, Jonathan; SAMS Aaron. *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. Tradução: Afonso Celso da Cunha Serra. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. ISBN: 978-85-216-3045-6.

DAVI OLIVEIRA – FÍSICA 2.0. *Associação de Resistores (EM PARALELO) - Aula 03*. *You Tube*, 24 de outubro de 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EiHbkPPW7VU>. Acesso em: 08 de novembro de 2023.

DAVI OLIVEIRA – FÍSICA 2.0. *Associação de Resistores (EM SÉRIE) - Aula 01*. *You Tube*, 01 de outubro de 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=osOI0KRS1q0>. Acesso em: 01 de novembro de 2023.

FÍSICA COM DOUGLAS. *Corrente Elétrica – Introdução à Eletrodinâmica*. *You Tube*, 21 de julho de 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WpVcM8Q8mRU>. Acesso em: 04 de outubro de 2023.

FÍSICA COM DOUGLAS. *Live: corrente elétrica*. *You Tube*, 03 de março de 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EUPZhFuujHM>. Acesso em: 04 de outubro de 2023.

FÍSICA COM DOUGLAS. *Resistência Elétrica e Primeira Lei de Ohm*. *You Tube*, 22 de julho de 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=vDED1XYsJ_g. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

SCHMITZ, E. X. S. (2016). *Sala de aula invertida: uma abordagem para combinar metodologias ativas e engajar alunos no processo de ensino-aprendizagem*. Acessado em: <https://fasbam.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Sala-de-aula-invertida-uma-abordagem-para-combinar-metodologias-ativas-e-engajar-alunos-no-processo-de-ensino-aprendizagem.pdf>.

SEFTON, Ana Paula; GALINI, Marcos Evandro. *Metodologias Ativas: Desenvolvendo aulas ativas para uma aprendizagem significativa*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2023. ISBN: 978-65-5675-216-7.

STUDART, Nelson. *Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas*. Revista do Professor de Física, Brasília, v.3, n.3, p. 1-24, 2019.

TEIXEIRA, G. P. *Flipped classroom: um contributo para a aprendizagem da lírica camoniana*. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Sistemas de E-Learning) – Universidade Nova Lisboa, Lisboa, Portugal, 2013. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/11379/1/29841_Teixeira_FlippedClassroom_LiricaCamonian a.pdf>. Acesso em: 17 maio. 2024.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO



PROFESSOR:

Aluno(a):

Turma:

DATA: ____ / ____ / ____

QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

1) Quais aparelhos eletroeletrônicos você mais utiliza no seu cotidiano?

2) Você sabe o que significa tensão, corrente e resistência elétricas? Se sim, defina cada grandeza que você conhece.

3) Você já observou alguma grandeza da questão anterior nas especificações de algum aparelho eletroeletrônico? Quais grandezas e em que aparelhos?

4) Qual a função da bateria, do resistor e do interruptor? Represente a simbologia desses componentes.

Simbologia do resistor

Simbologia da bateria

Simbologia do interruptor

5) Qual a corrente que passa por um resistor de 20Ω ligado a uma bateria cuja tensão é 30V?

6) Por um resistor de 15Ω passa uma corrente de 200mA. Qual a tensão que está aplicada sobre o resistor?

7) Um fabricante de chuveiros elétricos disponibiliza as especificações técnicas no manual de instruções conforme figura abaixo. Um chuveiro desenvolve uma potência de 2800W a 220V e está ligado na posição “morno”. Qual o valor da resistência desse chuveiro? Qual a corrente que circula por ele? Por que devemos usar um disjuntor de 25A para a proteção contra um curto-circuito?

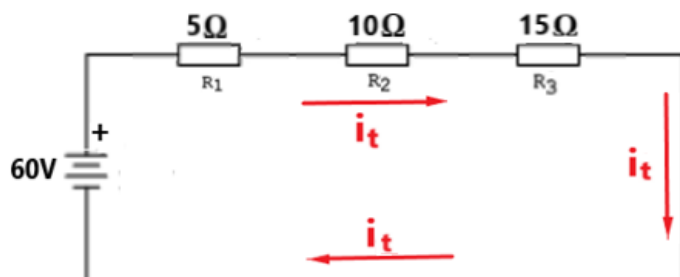
Especificações Técnicas				
Modelo	Torneira			
Tensão Nominal (Volts~)	127		220	
(Frio)	Desligado			
Potência Nominal (Watts) (Morno)	2 800	3 200	2 800	3 200
(Quente)	4 500	5 500	4 500	5 500
Corrente Nominal (Ampères)	35,4	43,3	20,4	25,0
Fiação Mínima (Até 30 m)	6 mm ²	10 mm ²	4 mm ²	4 mm ²
Fiação Mínima (Acima 30 m)	10 mm ²	16 mm ²	6 mm ²	6 mm ²
Disjuntor (Ampères)	40	50	25	30

Disponível em: http://www.cardal.com.br/manualprod/Manuais/Torneira%20Suprema/-Manual_Torneira_Suprema_roo.pdf

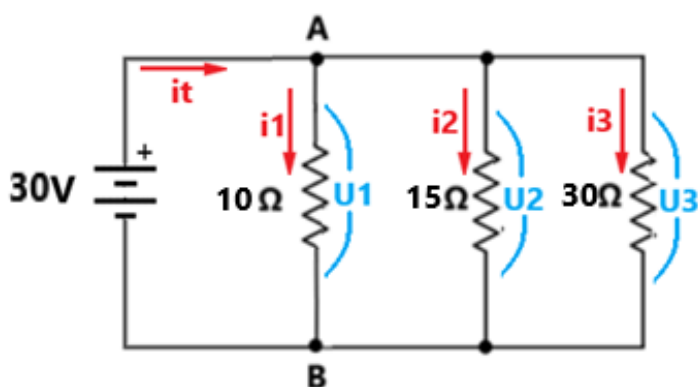


8) Por que os pássaros não levam choque quando estão com os pés sobre um mesmo fio?

9) Calcule a corrente total, a resistência total e a tensão que fica em cada resistor da associação em série de resistores do circuito abaixo.



10) Calcule a tensão que fica em cada resistor, a corrente que passa em cada ramo do circuito, a resistência total e a corrente total da associação em paralelo do circuito abaixo.



APÊNDICE B – APOSTILA



PROFESSOR:

Aluno(a):

Turma:

Apostila de Eletrodinâmica

1. Introdução

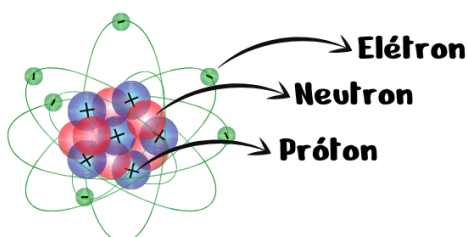
Vivemos cercados de aparelhos eletroeletrônicos que fazem parte do nosso cotidiano. Televisores, computadores, calculadoras, micro-ondas, lâmpadas, ventiladores e etc. Todos estes aparelhos utilizam leis da eletrodinâmica. Eles funcionam dentro de um conceito no qual chamamos de circuitos elétricos e estes circuitos utilizam várias leis da física que estudaremos neste semestre. Então, começaremos a estudar os conceitos básicos de corrente, tensão, resistência, Lei de Ohm e, em seguida, faremos um experimento comprovando tal lei e aplicação dos assuntos estudados. Posteriormente estudaremos as leis da Associação em Série e Paralelo de Resistências que serão seguidas de experimentos. Vocês aprenderão a utilizar o multímetro, o *protoboard* e aprenderão o código de cores de resistores para realizar os experimentos que deixarão as aulas mais ricas e dinâmicas através das interações aluno – aluno e aluno – professor. É importante que essa apostila seja lida com cautela de modo que a construção do conhecimento aconteça de maneira efetiva. A utilização de redes sociais tais como *WhatsApp*, *Instagram* serão ferramentas necessárias para enriquecer os estudos através de uma interação dinâmica. Então, vamos lá!

2. Corrente Elétrica, mudaste minha vida!

2.1 O átomo

Toda a matéria que existe no universo é constituída de **átomos**. O átomo é constituído de um núcleo onde se encontram os prótons, que convencionou-se ter carga positiva, os nêutrons, que não possuem carga e estabilizam o núcleo atômico equilibrando as forças de repulsão entre os prótons, e os elétrons, que convencionou-se ter carga negativa e giram ao redor do núcleo. Veja a Fig.1 abaixo:

Figura 1 - Modelo atômico de Rutherford – Bohr



Fonte: <https://vaiquimica.com.br/o-que-e-atomo/>

2.2 Quantidade de Carga Elétrica

Como um corpo é constituído por uma quantidade muito grande de elétrons e prótons tratamos a carga elétrica geral com uma grandeza chamada **Quantidade de Carga Elétrica**, que é expressa por:

$$Q = n \cdot e$$

Sendo:

Q = Quantidade de Carga Elétrica;

n = número de elétrons ou prótons, em excesso, de um corpo;

e = carga elétrica elementar.

A unidade de medida da grandeza **Quantidade de Carga Elétrica** é o **Coulomb** que representamos pela letra **C** maiúscula.

Cada elétron e próton tem uma carga elétrica elementar que é de aproximadamente:

Elétron: $e = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Próton: $p = + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Um átomo é neutro quando o número de elétrons é igual ao número de prótons. Se, por algum processo de eletrização, houver o desbalanceamento do número de elétrons e de prótons, o átomo apresentará propriedades elétricas.

Você sabe quantos elétrons precisamos retirar de um corpo neutro para que esse corpo tenha uma Quantidade de Carga Elétrica de **1C**?

Vamos calcular?

Temos a **carga elétrica de 1C** e a **carga elétrica elementar de $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$** . Agora só é aplicarmos na equação $Q = n \cdot e$.

$$Q = n \cdot e \rightarrow n = \frac{Q}{e} \rightarrow n = \frac{1\text{C}}{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}} \rightarrow$$

$$n \approx 6,25 \cdot 10^{18} \text{ elétrons.}$$

É uma grande quantidade!

2.3 – Condutores e Isolantes

Podemos definir **condutores** como *todo meio que oferece facilidade à condução de cargas elétricas*. Boylestad (2012) denomina condutores “materiais que permitem a passagem de um fluxo intenso de elétrons com uma aplicação de uma força (tensão) relativamente pequena”. Os metais possuem um elétron na camada de valência (camada mais afastada do núcleo) e este elétron pode, facilmente, se desprender desse átomo, por isso, todo metal é um bom condutor.

Os condutores são usados para transportar energia elétrica por meio da corrente elétrica. Na nossa residência utilizamos fios condutores, na maioria das vezes, de cobre, pois este elemento é um bom condutor e oferece melhor custo-benefício em projetos de circuitos elétricos ou eletrônicos (ver Fig.2).

Figura 2 - Diversos fios condutores usados em circuitos elétricos.



Fonte: <https://amphenolbroadband.com.br/wp-content/uploads/2020/08/fio-eletrico.jpg>

Os isolantes são meios que oferecem dificuldades à condução de cargas elétricas. Esses meios são importantes pois permitem um isolamento de fios condutores evitando um contato direto com os mesmos prevenindo acidentes que podem ser fatais. O encapsamento de fios condutores é uma das aplicações do uso de isolantes.

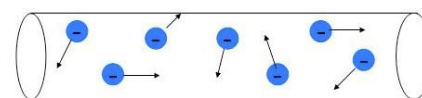
OBS 1: Dependendo da diferença de potencial aplicada em um meio, um isolante pode se tornar um condutor.

2.4 – Corrente Elétrica

Os elétrons ficam em movimento desordenado nos condutores, veja Fig.3. Quando aplicamos uma diferença de potencial nesse condutor, os elétrons passam a se movimentar de maneira ordenada em direção ao polo com maior potencial. A esse movimento ordenado de cargas elétricas denominamos corrente elétrica, ou seja,

corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas em um meio (ver Fig.4).

Figura 3 - Movimento desordenado dos elétrons num condutor.

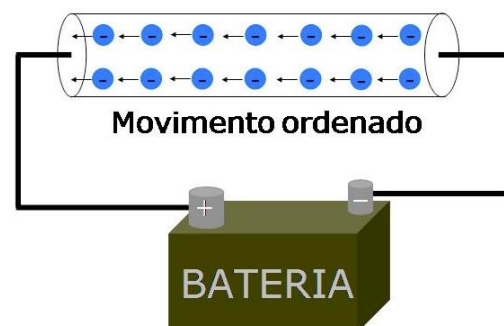


Movimento desordenado

Fonte:

<https://eletricasimplesefacil.blogspot.com/2015/05/grandezas-eletricas.html>

Figura 4 – Movimento ordenado de elétrons constituindo uma corrente elétrica.



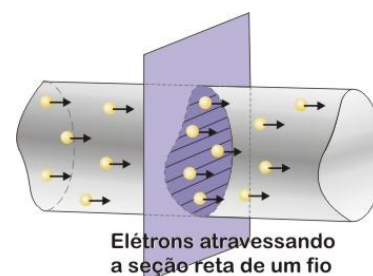
Fonte:

<https://eletricasimplesefacil.blogspot.com/2015/05/grandezas-eletricas.html>

2.5 – Intensidade da Corrente Elétrica (i)

Imagine que possamos contar a quantidade de carga elétrica que passa numa seção reta de um condutor, conforme Fig.5.

Figura 5 - Elétrons passando por uma seção reta de um condutor.



Elétrons atravessando a seção reta de um fio

Fonte:

<https://fisicaidesa3.blogspot.com/2013/03/aula-4-corrente-eletrica.html>

Se obtivermos essa quantidade de carga numa unidade de tempo, podemos calcular a corrente elétrica. Matematicamente podemos escrever que:

$$i = \frac{Q}{\Delta t}$$

Sendo:

i = intensidade da corrente elétrica cuja unidade de medida é o **Ampère**, representado pela letra **A**;

Q = quantidade de carga elétrica que passa pela secção reta de um condutor cuja unidade de medida é o **Coulomb**, representado pela letra **C**;

Δt = intervalo de tempo, em **segundos**, na qual a quantidade de carga elétrica passa pela secção reta de um condutor.

Cada 1C que passa por uma secção reta de um condutor por segundo, corresponde a uma corrente de 1A.

$$1A = 1 C / s$$

Exemplo: Calcule a corrente elétrica em um condutor sabendo-se que passam pela secção reta do mesmo $6,0 \cdot 10^{19}$ elétrons num intervalo de tempo de 2s.

Resolução:

Vamos calcular primeiro a quantidade de carga elétrica que passa pela secção reta do condutor.

$n = 6,0 \cdot 10^{19}$ (número de elétrons que passam pela secção reta do condutor).

$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ (carga elétrica elementar).

$\Delta t = 2s$

$$Q = n \cdot |e| \rightarrow Q = 6,0 \cdot 10^{19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C \rightarrow Q = 9,6 C$$

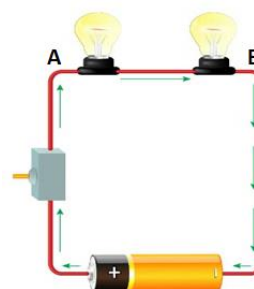
$$i = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow i = \frac{9,6 C}{2 s} \rightarrow i = 4,8 A$$

3. Tensão elétrica (U) ou diferença de potencial (ddp), a causa da corrente!

3.1 Potencial Elétrico (V)

Num condutor isolado, os elétrons estão em movimento desordenado. Quando ligamos uma pilha a esse condutor, os elétrons ganham energia e passam a obter um movimento ordenado formando uma corrente elétrica. Por que isso acontece?

Figura 6 – Cargas recebem energia da pilha.



Fonte:

<https://www.todamateria.com.br/circuito-eletrico/>

Quando ligamos uma pilha, conforme Fig.6, que tem como função transformar energia química em energia elétrica, a um fio condutor, as cargas recebem energia da pilha e circulam por todo o circuito. Essa energia elétrica recebida pelas cargas se transforma em energia cinética e, em seguida, em energia térmica na colisão com os átomos do condutor e nos filamentos das lâmpadas incandescentes. Como podemos observar, as cargas vão perdendo energia ao longo do circuito.

Se considerarmos a razão entre a energia da carga em um determinado ponto e seu valor, obtemos uma grandeza física chamada **potencial elétrico**.

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

Sendo:

V = Potencial elétrico em determinado ponto ;

E_p = Energia potencial elétrica num ponto;

q = carga elétrica num ponto.

Podemos observar na Fig.6 que a energia da carga elétrica no ponto A é maior que a energia no ponto B, consequentemente o potencial no ponto A é maior que o potencial no ponto B.

$$E_{pA} > E_{pB} \rightarrow V_A > V_B$$

Como $V = E_p / q$, a unidade de medida do potencial elétrico é J/C que significa 1 Volt. É importante usarmos a unidade de medida correta das respectivas grandezas.

Resumindo:

As cargas elétricas recebem energia elétrica de um gerador (pilha, bateria, etc) e transforma essa energia que recebe da fonte em outras formas de energia num condutor ou em outros materiais. Este condutor, que está submetido a esse gerador, ficará com diferentes potenciais em diferentes pontos.

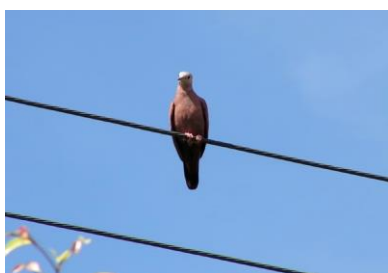
3.2 Tensão Elétrica ou d.d.p – diferença de potencial elétrica (U).

Vimos na seção anterior que um gerador fornece energia às cargas elétricas e, conseqüentemente, diferença de potenciais entre dois pontos de um condutor em um circuito. É esta diferença de potencial que provoca a corrente elétrica.

Então **podemos concluir que só há circulação de corrente em um circuito, se houver diferença de potencial elétrico ou tensão sendo aplicada no mesmo.**

Você já se perguntou por que os pássaros não morrem eletrocutados quando estão com os pés sobre um mesmo fio (ver Fig.7)? Porque seus pés estão submetidos a um mesmo potencial. Observe a fig.7.

Figura 7 – Pés do pombo submetidos praticamente a um mesmo potencial não causando efeitos sobre o pássaro.

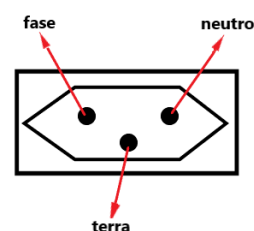


Fonte:
<https://eletricista24hs.com.br/passaro-nao-leva-choque/>

A tomada de nossa residência é constituída de três pinos dos quais chamamos de fase, neutro e terra (ver Fig.8). O fase é o pino que tem tensão alternada de 220V (ver item 3.2.1), o neutro não tem tensão e serve de retorno para a corrente e o terra tem que ser ligado à uma

haste de cobre que tem que estar enterrada no chão para evitar acidentes em caso de descarga.

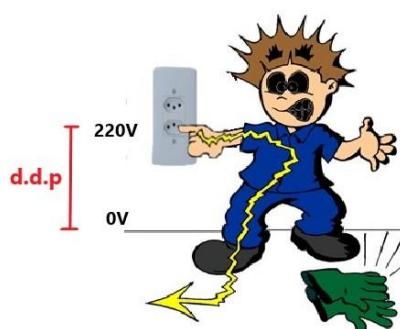
Figura 8 – Fase, neutro e terra de uma tomada residencial.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Quando, por descuido, tocamos no pino fase da tomada sem nenhuma proteção e mal isolado do chão, o corpo fica submetido a uma ddp (diferença de potencial) e a corrente passa pelo mesmo causando um choque elétrico. Por isso, qualquer problema que aconteça na rede elétrica de um estabelecimento, tem que ser sanado por um profissional da área, pois um choque elétrico pode causar morte (ver Fig.9).

Figura 9 - Choque elétrico causado devido a uma ddp entre a tomada e o chão.



Fonte: Adaptado de Bonazza (2016)
<https://hudsonbonazza.wordpress.com/este-01-2/tomando-choque/>

Representamos a grandeza tensão elétrica com a letra **U**, então a tensão elétrica entre dois pontos de um circuito é representada por:

$$U = V_A - V_B$$

Sendo:

V_A = potencial num ponto A;

V_B = potencial num ponto B.

A unidade de medida da tensão elétrica é o **volt (V)**, em homenagem ao cientista italiano Alessandro Volta, o inventor da pilha voltaica.

3.2.1 Tipos de Tensão Elétrica

Existem dois tipos de tensão elétrica, a **tensão contínua** e a **tensão alternada**. Falaremos dessas duas tensões a seguir:

Tensão contínua: Na tensão contínua, *não há troca de polaridade da tensão*, ou seja, o polo positivo sempre será positivo e o polo negativo sempre será negativo. *A tensão contínua fornece uma corrente que flui num só sentido e é chamada, também, corrente contínua.* Quando a corrente flui num sentido e não muda de intensidade, essa corrente é chamada de *corrente contínua constante*. Vocês, meus alunos, já tiveram contato com fontes de tensão contínua. As baterias de celulares, automóveis, pilhas, constituem alguns exemplos de fontes de tensão contínua (ver Fig.10)!

Figura 10 – Fontes de tensão contínua constante

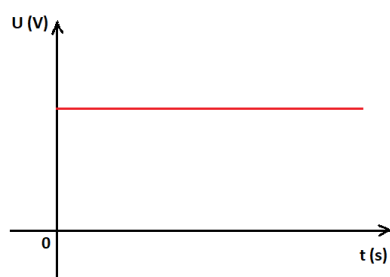


Fonte:

<https://www.makerhero.com/blog/pilhas-e-baterias-principais-tipos/>

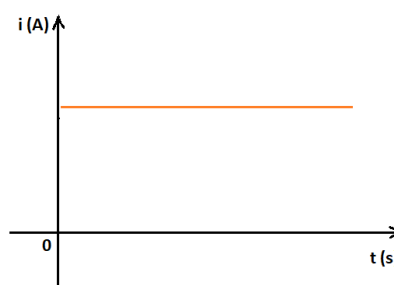
Vejamos os gráficos da tensão e corrente contínuas constantes em função do tempo:

Figura 11 - Gráfico da tensão contínua constante em função do tempo.

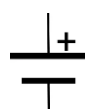


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Figura 12 - Gráfico da corrente contínua constante em função do tempo.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)



Símbolo de uma fonte de tensão contínua

Tensão alternada: Na tensão alternada há uma troca na polaridade da tensão, ou seja, num determinado instante ela é positiva e em outro instante é negativa. A corrente alternada, gerada pela tensão alternada, fica trocando de sentido o tempo todo, diferentemente da corrente contínua que flui em um só sentido.

Uma das principais fontes de tensão alternada é a fornecida nas tomadas das residências e estabelecimentos em geral (ver Fig.13). As tomadas de nossas casas fornecem uma tensão de 220V, principalmente no Nordeste, mas, em alguns estados do Brasil a tensão é de 110V.

Figura 13 – Tomada residencial que fornece 220V ou 110V alternados dependendo da região.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Muito cuidado!

Devemos procurar saber qual valor da tensão alternada é fornecida no estado em que você se encontra, se é 220V ou 110V, pois muitos aparelhos eletroeletrônicos são projetados para trabalhar apenas em uma tensão. Por exemplo, se um aparelho for projetado para funcionar com uma tensão de 110V, e aplicarmos uma tensão de 220V, este aparelho vai sofrer danos e pode chegar a queimar.

A tensão alternada da tomada é uma onda do tipo senoidal (ver Fig.14). Na onda senoidal, a tensão varia chegando a um valor máximo, que é a tensão de pico (U_p) e a um valor mínimo, sendo menos a tensão de pico ($-U_p$). Se considerarmos duas vezes a amplitude obteremos a tensão de pico a pico ($U_{pp} = 2U_p$). A tensão eficaz é a tensão alternada que tem a mesma potência média dissipada de uma tensão contínua de mesmo valor. Matematicamente podemos escrever:

$$U_{ef} = \frac{U_p}{\sqrt{2}}$$

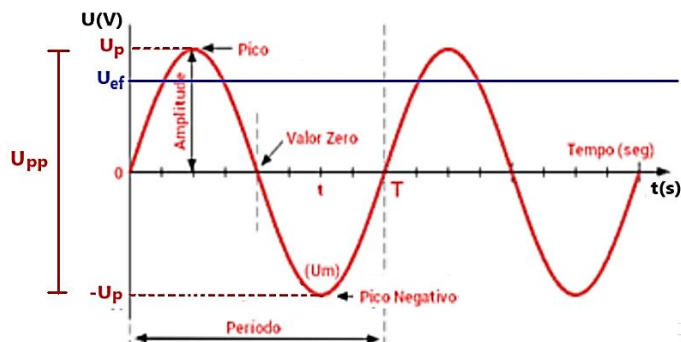
Sendo:

U_p = tensão de pico;

U_{ef} = tensão eficaz.

Também temos na tensão alternada o período, tempo em que acontece a repetição de um fenômeno periódico, e a frequência, quantidade de repetições de um fenômeno numa unidade de tempo.

Figura 14 – Gráfico da tensão alternada fornecida por uma tomada.



Fonte: <https://www.electronica-pt.com/corrente-alternada>

Para entendermos melhor a explicação acima, vamos considerar a tensão da rede de 220V. Esta tensão de 220V é uma tensão eficaz. Usando a equação de tensão eficaz acima, calcularemos a tensão de pico (U_p) de nossa rede:

$$U_p = U_{ef} \cdot \sqrt{2} \rightarrow U_p = 220 \cdot \sqrt{2} \rightarrow U_p \approx 311V$$

Podemos escrever a tensão de pico a pico como:

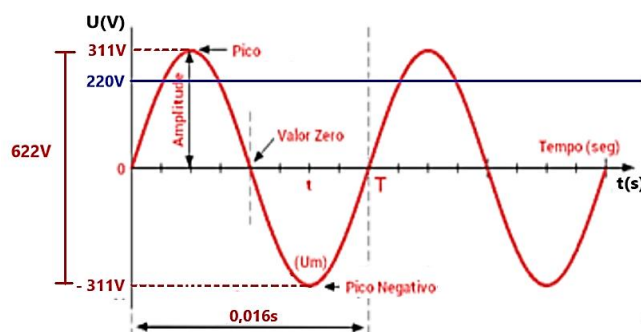
$U_{pp} = 2U_p \rightarrow U_{pp} = 2 \cdot 311V \rightarrow U_{pp} = 622V$ (Quando você leva um choque na tomada da rede, na realidade está sobre você uma tensão de 622V de pico a pico!)

A frequência da rede é de 60 Hz, ou seja, sessenta repetições de um mesmo fenômeno periódico em um segundo. Para acharmos o período, basta dividirmos pela frequência de 60 Hz e acharmos o resultado:

$$T = 1/60 \rightarrow T \approx 0,0167s$$

Agora veja o gráfico da Fig.15 com os valores calculados de uma tensão eficaz de 220V e compare com o da Fig.14.

Figura 15 – Gráfico da tensão alternada considerando uma tensão da rede de 220V.



Fonte: <https://www.electronica-pt.com/corrente-alternada>



Símbolo de uma fonte de tensão alternada

4. Resistência Elétrica

Uma vez definido potencial elétrico, iremos abordar outra grandeza importante: a resistência elétrica.

Resistência elétrica é a oposição (dificuldade) que um material apresenta à passagem da corrente elétrica. Essa oposição à corrente depende da substância pela qual é formada esse material e do grau de agitação dos átomos do mesmo, ou seja, da temperatura. Hewitt (2002), em seu livro Física Conceitual, afirma que “a resistência elétrica também depende da temperatura”. Geralmente, quanto maior a temperatura, maior é a resistência do material e quanto menor a temperatura menor a resistência. Algumas dessas resistências obedecem a Lei de Ohm (veremos esse assunto posteriormente) e são chamadas de resistências ôhmicas. Têm materiais que a baixíssimas temperaturas não apresentam resistência alguma à passagem da corrente, por isso são chamados de supercondutores.

Por outro lado, existem materiais que não obedecem à Lei de Ohm, estes materiais têm resistências não ôhmicas. Podemos citar como exemplo os termistores NTC (Negative Temperature Coefficient - Coeficiente Negativo de Temperatura), conforme Fig.16, pois esses componentes são constituídos de materiais sinterizados cuja resistência diminui com o aumento da temperatura, podendo servir como sensores.

Figura 16 – Termistor com coeficiente negativo de temperatura.



Fonte:

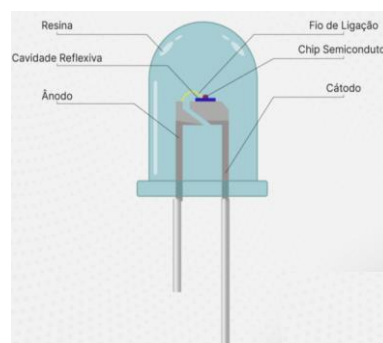
<https://www.linkedin.com/pulse/experimentando-aquisi%C3%A7%C3%A3o-de-dados-temperatura-e-o-sinais-ferreira>

Outro exemplo de componentes ou materiais que têm resistência não ôhmica é o LED (Light Emission Diode – Diodo Emissor de Luz). Este componente emite luz quando polarizado diretamente, ou seja, o cátodo ligado ao polo positivo da bateria e o ânodo ligado ao polo negativo da bateria (ver Fig.17). Ele é utilizado em diversos circuitos eletroeletrônicos tendo, como uma das inúmeras funções, a de indicar se um aparelho está ligado.

Atualmente, as lâmpadas incandescentes foram substituídas por lâmpadas a LED, pelo fato de serem eficientes na emissão de luz e consumirem pouca

energia. Os televisores, que antigamente usavam tela de tubo de raios catódicos, foram substituídos por televisores de tela a LED. Como podemos observar a aplicação do LED é muito grande no nosso cotidiano.

Figura 17 – Desenho de um LED indicando suas respectivas partes



Fonte:

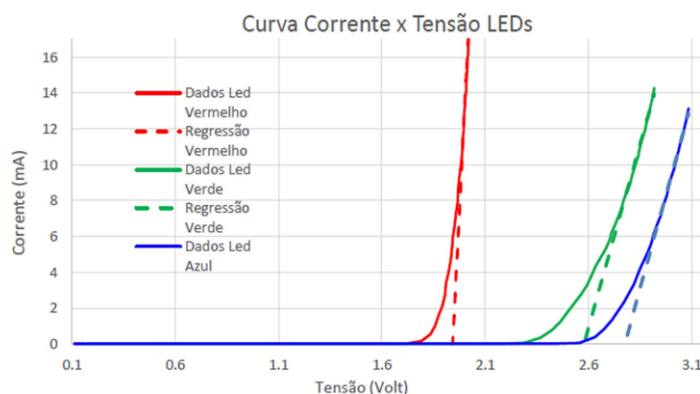
<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-led/>



Símbolo de um LED.

Observando a Fig.18, concluímos que um LED tem uma resistência não ôhmica, pois o gráfico da corrente em função da tensão não é linear. Dependendo da cor deste componente, vemos diferentes características no gráfico. Se analisarmos um LED vermelho, por exemplo, ele começa a conduzir corrente a partir de 1,7 V aproximadamente. Já um LED verde começa a conduzir por volta de 2,3 V.

Figura 18 – Gráficos da corrente (mA) em função da tensão (Volt) dos LED's de cores vermelho, verde e azul.



Fonte: Oliveira, *et al.* (2020, p.08)

A unidade de medida da resistência elétrica é o Ω (ohm), em homenagem ao físico e matemático George Simon Ohm que descobriu uma lei que leva o seu nome.



Símbolo da resistência elétrica

Existem componentes cuja função é apenas fornecer resistência a um circuito e são chamados de resistores (ver Fig.19). Uma das utilizações dos resistores é a distribuição da tensão da fonte em pontos específicos que precisem de uma tensão menor. Há variados tipos de resistores no mercado: resistores fixos, variáveis, ajustáveis e etc. Alguns resistores utilizam código de cores e para sabermos o valor de sua resistência temos que conhecer estes códigos. Vamos aprender estes códigos no **Apêndice A**?

Figura 19 – Resistores cuja função específica é fornecer resistência elétrica.



Fonte:

<https://www.wjcomponentes.com.br/resistores-leds/kit-400-resistores>

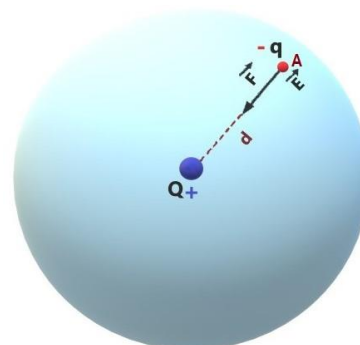
5. Campo Elétrico

Os conceitos vistos anteriormente, assim como o conceito de campo elétrico, irão ajudar na compreensão de tópicos que veremos mais adiante. Podemos citar, como exemplo, que quando ligamos uma bateria a um circuito haverá circulação de corrente. Por que isto acontece? Responderemos no final deste item.

Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e de sinais diferentes se atraem. Como se dá essa atração ou repulsão entre as cargas?

Quando colocamos uma carga Q no espaço, ela gera um campo de forças chamado **campo elétrico**. Se colocarmos qualquer outra carga de prova q dentro desse campo, essa carga ficará sujeita a uma força de intensidade F (ver Fig.20).

Figura 20 – Campo elétrico gerado por uma carga Q e carga de prova dentro do Campo Elétrico sujeito a uma força.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

A intensidade do campo elétrico gerado pela carga Q pode ser calculada pela equação abaixo:

$$E = \frac{F}{q}$$

Sendo:

E = intensidade do campo elétrico;

F = intensidade da força, em Newtons (N), sobre uma carga de prova q colocada num ponto qualquer A ;

q = valor da carga de prova q expressa em Coulomb (C).

Como $E = F/q$, a unidade de medida do campo elétrico é expressa por **N/C**.

Outra maneira de calcularmos a intensidade do campo elétrico num ponto A , é usando a equação abaixo:

$$E = K \cdot \frac{Q}{d_A^2}$$

Sendo:

E = intensidade do campo elétrico;

Q = carga que gera o campo;

d_A = distância entre a carga que gera o campo e um ponto qualquer A do espaço.

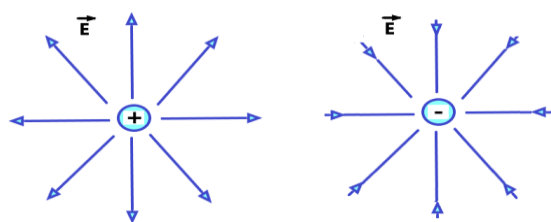
Dentro do que foi dito acima, Gualter, Newton e Helou (2012,p.32) define campo elétrico como “uma propriedade física estabelecida em todos os pontos do

espaço que estão sob a influência de uma carga elétrica (carga fonte), tal que uma outra carga (carga de prova), ao ser colocada em um desses pontos, fica sujeita a uma força de atração ou de repulsão exercida pela carga fonte”.

A força que age numa carga de prova negativa, dentro de um campo, tem a mesma direção, mas sentido oposto ao do campo no qual ele está inserido. Já numa carga positiva, tem a mesma direção e o mesmo sentido do campo elétrico. Vamos analisar o porquê de tudo isso acontecer.

Primeiramente devemos saber que cargas positivas geram campo elétrico de afastamento e as negativas geram campo elétrico de aproximação (ver Fig.21).

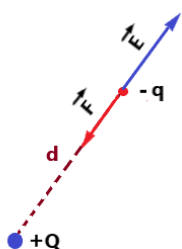
Figura 21 – Campos elétricos de afastamento e de aproximação gerados por uma carga positiva e negativa respectivamente.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Uma carga positiva $+Q$ gera um campo elétrico de **afastamento**. Quando colocamos uma carga de prova negativa $-q$ a uma distância d de $+Q$, ela fica sujeita a uma força de atração (ver Fig.22).

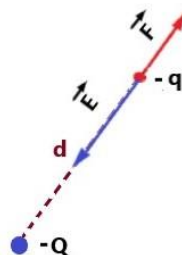
Figura 22 – Campo elétrico de afastamento gerado por uma carga $+Q$ e força de atração entre as cargas $-q$ e $+Q$.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Vamos continuar! Uma carga negativa $-Q$ gera um campo elétrico de aproximação. Quando colocamos uma carga de prova negativa $-q$ a uma distância d de $-Q$, ela fica sujeita a uma força de repulsão (ver Fig.23).

Figura 23 – Campo elétrico de aproximação gerado por uma carga $-Q$ e força de repulsão entre as cargas $-q$ e $-Q$.



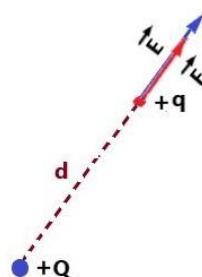
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Nesses dois casos acima observamos que o sentido da força, em uma carga de prova negativa, é contrário ao sentido do campo elétrico, então podemos concluir que **uma carga negativa sempre se move em sentido contrário ao sentido do campo elétrico**.

Agora vamos analisar uma força agindo numa carga de prova positiva imersa num campo elétrico.

Uma carga positiva $+Q$ gera um campo elétrico de **afastamento**. Quando colocamos uma carga de prova positiva $+q$ a uma distância d de $+Q$, ela fica sujeita a uma força de repulsão (ver Fig.24).

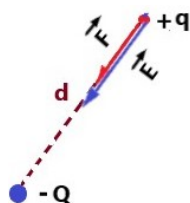
Figura 24 – Campo elétrico de afastamento gerado por uma carga $+Q$ e força de repulsão entre a carga $+q$ e $+Q$.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Uma carga negativa $-Q$ gera um campo elétrico de aproximação. Quando colocamos uma carga de prova positiva $+q$ a uma distância d de $-Q$, ela fica sujeita a uma força de atração (ver Fig.25).

Figura 25 – Campo elétrico de aproximação gerado por uma carga $-Q$ e força de atração entre as cargas $+q$ e $-Q$.

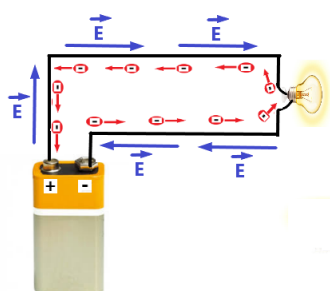


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Observa-se nesses dois casos acima que o sentido da força, em uma carga de prova positiva, tem o mesmo sentido do campo elétrico, podemos concluir **que uma carga positiva sempre se move no mesmo sentido do campo elétrico**.

Por que há circulação de corrente, movimento ordenado de cargas elétricas, quando ligamos uma bateria a um circuito? Vamos pensar! Uma bateria tem dois polos um positivo e outro negativo, quando ligamos esta bateria a um circuito, os polos da bateria vão gerar um campo elétrico no sentido que sai do polo positivo para o negativo. Como as cargas negativas se movem espontaneamente em sentido contrário ao do campo elétrico, então os elétrons se moverão do polo negativo para o polo positivo (ver Fig. 26).

Figura 26 – Cargas elétricas negativas (elétrons) se movendo em sentido contrário ao do campo elétrico gerado pela bateria.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

6. Efeito Joule

Iremos agora abordar um importante fenômeno quando os elétrons estão em movimento em um condutor, que é chamado Efeito Joule.

Podemos definir o Efeito Joule como o aquecimento de um material quando há passagem da corrente elétrica sobre o mesmo. Vamos pegar como exemplo um

condutor, devido à grande quantidade de elétrons livres que possui. Quando aplicamos uma tensão (ddp) num condutor, este ficará sujeito a um Campo Elétrico que fará com que os elétrons adquiram uma força que atua na mesma direção do campo, acelerando os mesmos e aumentando sua energia cinética. Os elétrons transferem essa energia cinética para a rede cristalina do condutor através de colisões com a rede fazendo com que aumente a vibração da mesma. Isso fará com que a rede de íons vibre com mais intensidade e consequentemente aumente a temperatura do condutor.

O Efeito Joule é desejado em algumas situações, pois este efeito é a razão da existência de alguns aparelhos eletroeletrônicos. Podemos citar como exemplos o chuveiro elétrico, o ferro de passar roupas, as lâmpadas incandescentes de tungstênio entre outros (ver Figs.27 e 28).

Figura 27 – Filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente emitindo luz a uma alta temperatura devido ao Efeito Joule.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024), gerado por IA Bing

Figura 28 – Só é possível passarmos a roupa devido ao Efeito Joule, que faz com que a temperatura da base do ferro aumente.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024), gerado por IA Bing

Em alguns casos o Efeito Joule não é desejado. Quando utilizamos o nosso *notebook* e aumenta a temperatura do mesmo ou quando carregamos o celular e a bateria esquenta, são alguns exemplos indesejados do Efeito Joule.

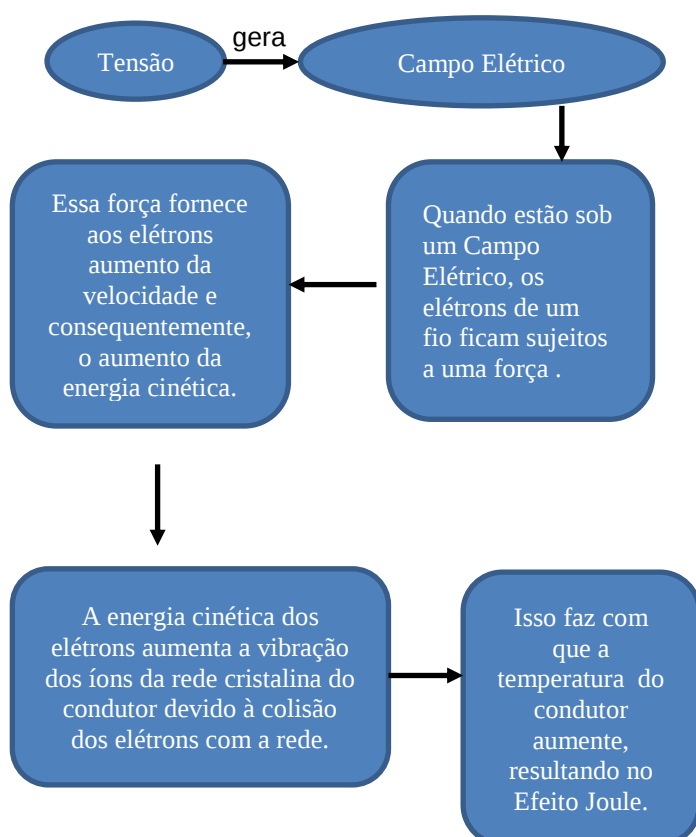
Obs: Em um curto-circuito a intensidade da corrente é tão grande que o Efeito Joule pode fazer com que o fio pegue fogo e cause um incêndio, portanto muito cuidado (ver Fig.29)!

Figura 29 – Curto-circuito causando incêndio devido ao Efeito Joule.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024), gerado IA Bing

Resumindo:



7. Primeira Lei de Ohm

Definidos potencial elétrico, resistência elétrica e corrente elétrica, a questão é se há alguma conexão entre essas grandezas. A resposta é afirmativa e veremos a seguir.

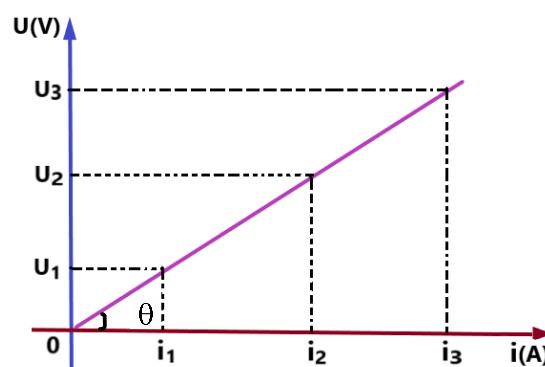
A descoberta da primeira lei de Ohm constituiu um grande marco no desenvolvimento da eletroeletrônica, pois nos possibilitou relacionarmos as grandezas corrente, tensão e resistência elétricas. A primeira Lei de Ohm diz que a razão entre as intensidades da tensão e corrente é igual à resistência. Aos materiais que seguem essa lei dizemos que possuem resistência ôhmica. Mas existem certos materiais cuja resistência não obedecem à Lei de Ohm, a tais materiais dizemos que possui resistência não ôhmica.

Vamos ler e praticar os **Apêndices B e C** para aprendermos como usar o *protoboard* e o multímetro?

No experimento do **Apêndice D**, vocês verão que teremos um gráfico linear da tensão em função da corrente numa resistência ôhmica (ver Fig.30) e, tirando-se a tangente do ângulo formado pela reta com o eixo das abscissas, encontraremos um valor que é aproximadamente igual a resistência do resistor que está no circuito.

Então numa resistência que obedece a Lei de Ohm, ou seja, resistência ôhmica, o gráfico da $U \times I$ forma uma função linear, como mostra a Fig.30.

Figura 30 – Gráfico linear de $U \times I$ cuja tangente do ângulo é o valor da resistência.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Agora está na hora de vermos este fenômeno na prática fazendo o experimento indicado do Apêndice D!

Podemos relacionar as três principais grandezas da eletrodinâmica (resistência, tensão e corrente) usando a **Primeira Lei de Ohm**.

Sendo:

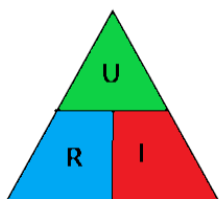
$$R = \frac{U}{I}$$

R é o valor da resistência em **Ω (Ohm)**;

U é o valor da tensão em **V(Volt)**;

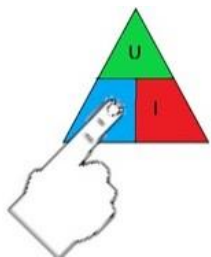
I é o valor a corrente elétrica em **A(Ampère)**.

Quem ainda não está familiarizado com a álgebra, temos uma dica que pode ajudar muito. É importante saber como achar qualquer grandeza que faz parte da Primeira Lei de Ohm. Então vamos para a dica:



Aprenda a desenhar este triângulo do jeito que aparece ao lado.

Agora com um dedo tampe a grandeza que você quer achar.

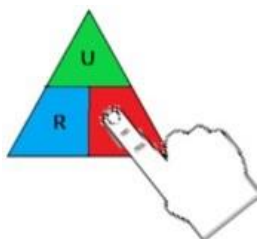


Observe que, ao cobrirmos a grandeza que queremos achar, o **U (tensão)** fica em cima e o **I (corrente)** fica em baixo.

Então colocamos o **U no numerador** (em cima da fração) e o **I no denominador** (em baixo da fração) e escrevemos a equação da seguinte maneira:

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

Se quisermos achar o **I (corrente)**, então o cobrimos com o dedo conforme desenho abaixo:

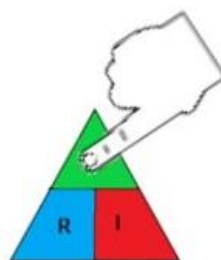


Observe que, ao cobrirmos a grandeza que queremos achar que é o **I (corrente)**, o **U (tensão)** fica em cima e o **R (resistência)** fica em baixo.

Podemos concluir que quando queremos achar o **I (corrente)**, colocamos o **U (tensão)** em cima da fração (numerador) e o **R (resistência)** em baixo (denominador), escrevendo a equação na forma abaixo:

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

Para acharmos o **U (tensão)**, basta tamparmos com o dedo o **U** do triângulo, como na figura abaixo:



Ao cobrirmos a grandeza que queremos achar, que é o **U (tensão)**, o **R (resistência)** e o **I (corrente)** ficam em baixo. Neste caso temos que **multiplicar o R pelo I** como na equação abaixo:

$$U = R \cdot I$$

Provavelmente, a conclusão que vocês tiraram do experimento sobre a Primeira Lei de Ohm (Fig.30) é que a tangente do ângulo formado pelo gráfico com o eixo das abscissas θ é o valor da resistência.

$$R = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_1}{R_1} = \text{tg} \theta$$

Existem resistências não ôhmicas (que não obedecem a Primeira Lei de Ohm) cujo o gráfico não é linear e a resistência é variável. Os termistores que diminui a resistência conforme o aumento da temperatura ou vice-versa, as células fotoelétricas usadas em postes que diminuem a resistência com a diminuição da incidência de luz sobre a mesma, formam exemplos de dispositivos que variam a resistência sem obedecer a Lei de Ohm. Vamos fazer o experimento do Apêndice E?

Exercícios sobre a Primeira Lei de Ohm

- 1) Por um resistor, submetido a uma tensão de 10V, passa uma corrente de 2,5mA. Qual o valor da resistência do resistor?

2) Qual a corrente que passa por um resistor de 100 Ω submetido a uma tensão de 12V?

3) Por um resistor de 1K Ω passa uma corrente de 5mA. Qual a tensão que incide sobre o resistor?

7.1 Potência Elétrica

Na física, o conceito de potência é o trabalho realizado num intervalo de tempo, ou seja, quanto maior é o trabalho realizado numa mesma unidade de tempo, teremos uma maior potência. Quando ligamos duas lâmpadas numa mesma tensão, a que emite maior intensidade da luz tem potência maior. Fisicamente podemos escrever a equação geral da potência como:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

A unidade de medida da potência no Sistema Internacional é o [J] / [C] = W (Watt). Devemos ter muito cuidado para usarmos a unidade de medida correta de uma determinada grandeza que no caso da potência é o Watt.

Na eletrodinâmica, podemos calcular a potência elétrica com a seguinte equação:

$$P = U \cdot I$$

Pela Primeira Lei de Ohm $U = R \cdot I$, logo a equação ao lado fica:

$$P = U \cdot I = (R \cdot I) \cdot I = R \cdot I^2, \text{ ou seja,}$$

$$P = R \cdot I^2$$

Outra equação da potência que podemos utilizar é deduzida abaixo:

$$P = U \cdot I = U \cdot \left(\frac{U}{R} \right) = \frac{U^2}{R}, \text{ ou seja,}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Estas três equações apresentadas acima podem ser usadas para calcular a potência com apenas duas grandezas dentre as três da eletrodinâmica: corrente, tensão e resistência.

Agora calcule a potência dos três exercícios do item 6 (Exercícios sobre a Primeira Lei de Ohm), apenas com as grandezas fornecidas em cada questão.

8. Circuitos Elétricos

Quando juntamos todos os dispositivos estudados até aqui e o submetemos a uma corrente elétrica temos o que chamamos de circuito elétrico. Então podemos dizer que circuito elétrico é um caminho fechado por onde circula a corrente elétrica (ver Fig.31). Nos tempos modernos, os circuitos fazem parte do nosso cotidiano. Os ventiladores, celulares, liquidificadores e etc, são apenas alguns exemplos de circuitos dentre uma infinidade que fazem parte da nossa vida. Um circuito praticamente transforma a energia dos elétrons em outro tipo de energia. Quando queremos que as pás de um ventilador girem, a energia elétrica está sendo transformada em energia mecânica.

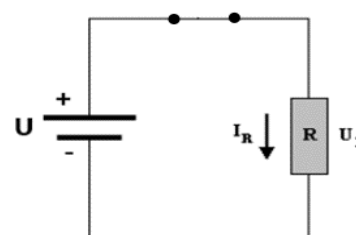
Na Fig.31 temos um circuito simples constituído por uma fonte de tensão contínua constante, um interruptor fechado e uma carga com certa resistência. O interruptor é um dispositivo usado para interromper ou deixar passar o fluxo de corrente (ver Fig.32). Abaixo, temos o símbolo de um interruptor simples:



Interruptor aberto

Interruptor fechado

Figura 31 – Esquema de um circuito elétrico simples com apenas uma fonte de tensão contínua (pilha) constante, um interruptor e um resistor.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Figura 32 – Exemplo de interruptor usado em residências

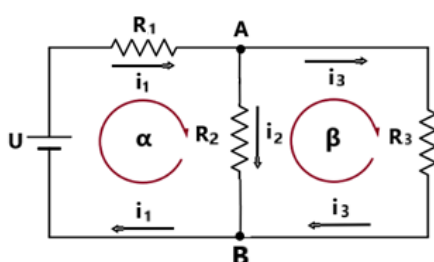


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

É importante conhecermos alguns termos que serão utilizados quando tratarmos de circuitos elétricos. Vamos conhecer alguns deles?

Malha: é um caminho fechado por onde circula as correntes elétricas e que pode ter vários componentes. Na Fig.33, podemos observar as malhas α e β .

Figura 33 - Circuito representando duas malhas α e β .



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Ramalho (2009, pg.257) explica a segunda lei de Kirchhoff afirmando que “**percorrendo-se uma malha num certo sentido, partindo-se e chegando-se ao mesmo ponto, a soma algébrica das ddps é nula**”.

Ramo: é o caminho que existe entre dois nós. Podemos observar, na Fig 33, que o circuito tem três ramos. O ramo da esquerda, do meio, e o da direita.

9. Associação em Série de Resistores

Diante de tudo que foi visto até agora, podemos construir os conhecimentos sobre associação de resistores. Vamos começar pela associação em série!

A associação em série de resistores é um saber que faz parte do nosso cotidiano. Vivemos em uma sociedade em que o uso e o avanço da tecnologia são constantes e, queiramos ou não, está presente na nossa vida. Alguns dos mais diversificados eletrodomésticos usam associação em série e paralelo de resistores. Mas, para quê, especificamente, construiremos estes saberes em nossa vida. Quando queremos limitar uma corrente ou distribuir uma determinada tensão para um dispositivo, associamos os resistores para obtermos o que pretendemos. Usamos também a associação de resistores quando não encontramos no mercado um valor que estamos querendo para usar em um circuito, então associamos os resistores para obtermos o valor desejado.

As regras da associação de resistores também são usadas para qualquer aparelho ou dispositivo que contenha resistência elétrica.

Mas, como podemos saber se temos uma associação em série num circuito? A resposta é observando suas características. Então vamos a ela:

Antes de começarmos, nomearemos alguns termos que usaremos a partir de agora:

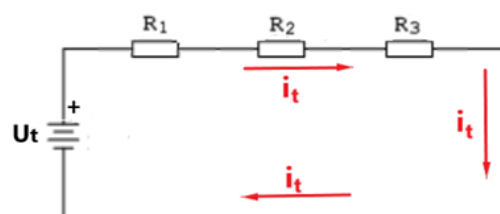
i_t = corrente total;

U_t = tensão total, ou seja, tensão que está sendo aplicada no circuito;

$U_1, U_2, U_3, \dots$ = tensão que fica em cada resistor.

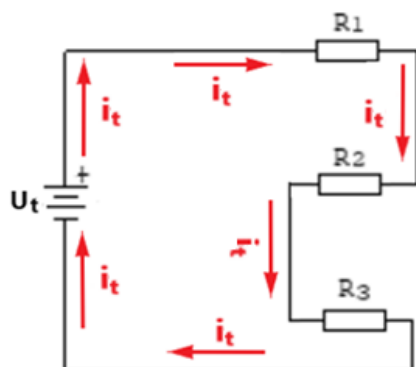
1. Numa associação em série de resistores **a corrente que circula pelo circuito é a mesma**, ou seja, a corrente que sai de um pólo da bateria é a mesma que chega ao pólo oposto (ver Fig.34 e 35). Tomem cuidado, pois não são as posições dos resistores que definem se uma associação está em série e sim o fato da corrente ser a mesma.

Figura 34 – A mesma corrente percorre todo o circuito numa associação em série de resistores.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Figura 35 – Apesar da posição dos resistores parecer estar em paralelo, na realidade eles estão em série, pois são percorridos por uma mesma corrente.

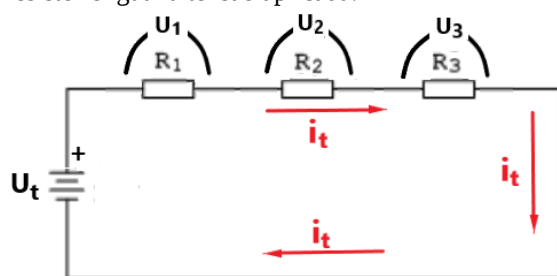


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Se associarmos lâmpadas incandescentes em série, se o filamento de uma das lâmpadas se queimar, todas as lâmpadas se apagarão, pois, a corrente não conseguirá circular pelo circuito.

2. A *segunda característica* de uma associação em série diz respeito à primeira lei de Kirchhoff que pode ser interpretada como: **a soma das tensões que fica em cada resistor (queda de tensão) é igual a tensão que está sendo aplicada** (ver Fig.36).

Figura 36 – A soma das tensões que fica em cada resistor é igual à tensão aplicada.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Matematicamente podemos escrever:

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3$$

Se usarmos n resistores a equação ficará:

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

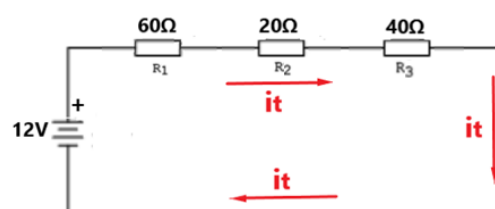
3. A *terceira característica* afirma que a resistência total (resistência equivalente) é igual à soma de cada resistência individual de uma associação em série de resistores.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Vamos fazer o exercício abaixo para entendermos melhor como funciona a associação em série de resistores.

Exercício

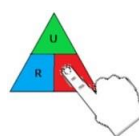
1) Calcule a corrente total e a queda de tensão em cada resistor da associação em série de resistores do circuito abaixo.



1º Passo: Devemos, primeiramente, calcular a resistência total (equivalente) do circuito.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \rightarrow R_t = 60\Omega + 20\Omega + 40\Omega \rightarrow R_t = 120\Omega$$

2º Passo: Agora que achamos a resistência total, usando a Primeira Lei de Ohm, calculamos a corrente total.



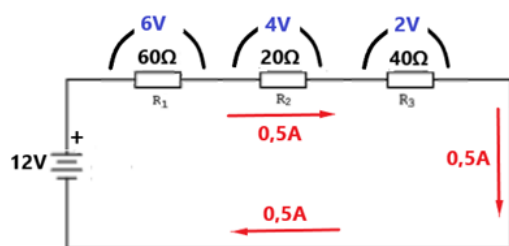
$$i_t = \frac{U_t}{R_t} = \frac{12V}{120\Omega} = 0,1A$$

3º Passo: Também usando a Primeira Lei de Ohm, achamos a queda de tensão em cada resistor.

$$U_1 = R_1 \cdot i_t \rightarrow U_1 = 60 \cdot 0,1 \rightarrow U_1 = 6V$$

$$U_2 = R_2 \cdot i_t \rightarrow U_2 = 20 \cdot 0,1 \rightarrow U_2 = 2V$$

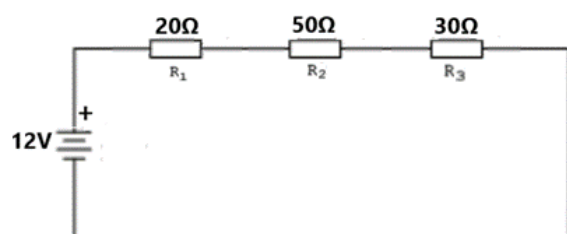
$$U_3 = R_3 \cdot i_t \rightarrow U_3 = 40 \cdot 0,1 \rightarrow U_3 = 4V$$



Observe que quando somamos as tensões obtemos a tensão total, confirmando que a soma das quedas de tensão em cada resistor, numa associação de resistores em série, é igual à tensão aplicada.

$$6V + 2V + 4V = 12V = U_t$$

Agora faça você mesmo, ache a corrente total e a queda de tensão em cada resistor do circuito abaixo.



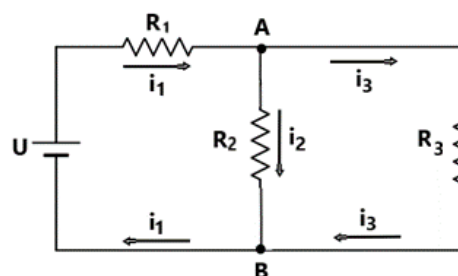
10. Associação em Paralelo de Resistores

A associação em paralelo de resistores é muito importante pelas mesmas razões que citamos no item 8. Mas as regras que regem este tipo de associação são diferentes da associação em série. Antes de começarmos a falar sobre esta associação, temos que construir o entendimento do que significa nó num circuito elétrico.

Nó: é o ponto de um circuito onde a corrente se divide ou as correntes se somam. Ramalho (2009, pg.256) afirma: “**A primeira lei de Kirchhoff ou lei dos nós estabelece que em um nó, a soma das intensidades de corrente que chegam é igual a soma das intensidades de corrente que saem**”. Vamos entender o que Kirchhoff disse:

Podemos observar na Fig.37, a intensidade de corrente i_1 que chega no nó **A** se dividindo nas intensidades de correntes i_2 e i_3 , ou seja, $i_1 = i_2 + i_3$. Já no nó **B**, as intensidades correntes i_2 e i_3 se juntam formando a intensidade de corrente i_1 , ou seja, $i_2 + i_3 = i_1$.

Figura 37 - Circuito representando dos nós A e B.

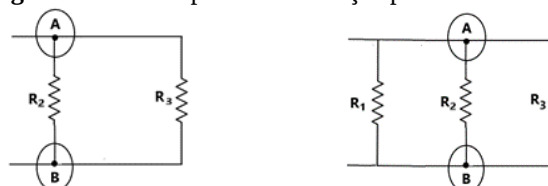


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Entendendo o que foi dito acima, agora vamos prosseguir!

Segundo Boylestad (2012, pg.259) “dois elementos, ramos ou resistores, estão em paralelo se tiverem dois pontos em comum” (ver Fig.38).

Figura- 38 – Exemplos de associação paralela de resistores



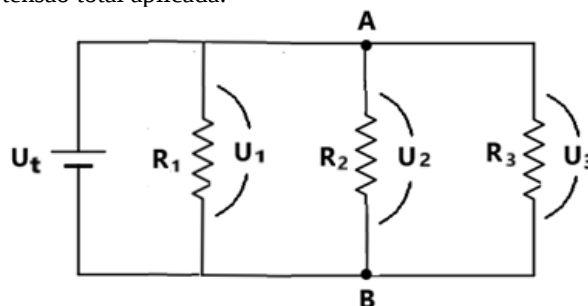
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Observem que no desenho da esquerda da Fig.38, têm dois resistores com dois pontos em comum **A** e **B**. E no desenho da direita os três resistores também têm os pontos **A** e **B** em comum. Podemos concluir que esses resistores estão ligados em paralelo.

Agora vamos aprender as características da associação em paralelo:

1. Numa associação em paralelo, a tensão que está sendo aplicada nos resistores é a mesma (ver Fig.39).

Figura 39 – A tensão em cada resistor é igual a tensão total aplicada.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

A tensão que está sendo aplicada U_t (tensão total) vai ser igual em cada ramo do circuito. Matematicamente, podemos escrever:

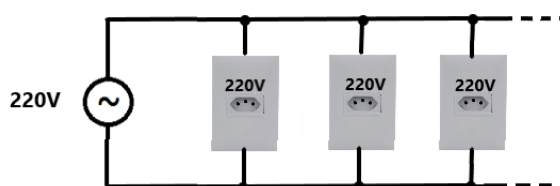
$$U_1 = U_2 = U_3 = U_t$$

Se forem n resistores colocados em paralelo, a equação fica:

$$U_t = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

As tomadas de nossas casas ou estabelecimentos estão associadas em paralelo, pois a tensão em cada tomada no Brasil é de 220V ou 110V alternados (ver Fig.40).

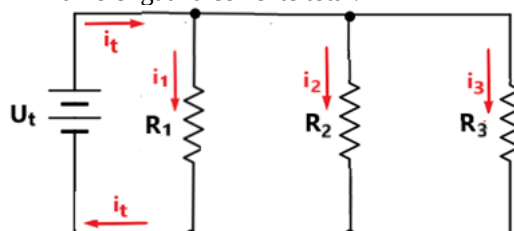
Figura 40 – Tomadas da rede residencial ou de estabelecimentos ligadas à tensão de 220V.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

2. A **segunda característica** afirma que, se tivermos apenas uma fonte de tensão numa associação em paralelo de resistores, a soma das correntes de cada ramo é igual a corrente que sai da fonte (corrente total) (ver Fig.41).

Figura 41 – A soma das correntes de cada ramo é igual a corrente total.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Matematicamente, podemos escrever a equação dessa segunda característica da seguinte forma:

$$i_t = i_1 + i_2 + i_3$$

Se usarmos n resistores em paralelo, a equação pode ser escrita da seguinte forma:

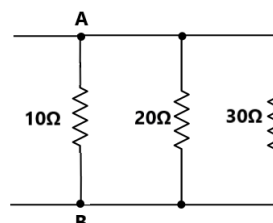
$$i_t = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

3. A terceira característica é o cálculo da resistência total ou equivalente, pois temos três casos:

Primeiro caso: trata-se da equação geral que pode ser utilizada para qualquer quantidade de resistores, mas recomenda-se usar a partir de três resistores em paralelo, pois existe outra equação mais simples para calcular a resistência total de dois resistores e mais uma quando as resistências dos resistores são iguais numa associação em paralelo.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Exemplo 1: Temos três resistores associados em paralelo com valores de 10Ω , 20Ω e 30Ω , de acordo com a figura abaixo. Calcule a resistência total (equivalente) entre os pontos A e B da associação. Vamos para os cálculos:



Resolução:

1. Montamos a equação:

Consideramos $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$

2. Tiramos o m.m.c dos denominadores que vale 60.

3. Dividimos o m.m.c (60) pelo denominador e multiplicamos ao numerador.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{6}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60}$$

4. Como os denominadores ficaram iguais, podemos somar os numeradores da fração e repetimos o valor do denominador.

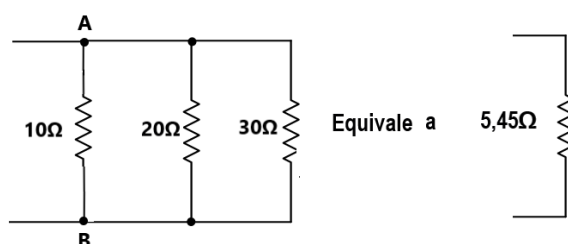
$$\frac{1}{R_t} = \frac{11}{60}$$

5. Agora invertemos os dois lados da proporção.

$$\frac{R_t}{1} = \frac{60}{11} \rightarrow R_t \approx 5,45\Omega$$

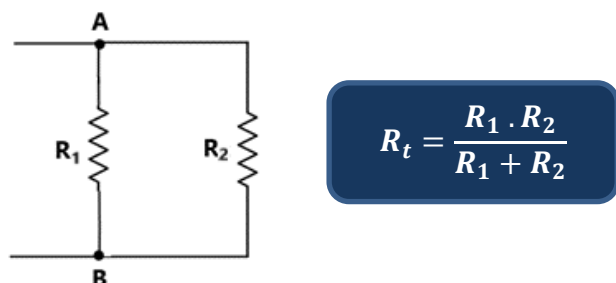
Observe que o valor da resistência total numa associação de resistores em paralelo, será sempre menor do que o menor valor da resistência dos resistores da associação. No exemplo acima, o valor do menor resistor é de 10Ω e o valor da resistência total é aproximadamente $5,45\Omega$.

$$5,45\Omega < 10\Omega$$



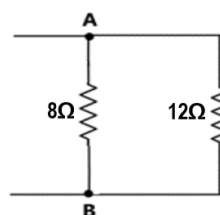
Segundo caso: quando temos apenas dois resistores diferentes associados em paralelo, utilizamos a equação mais simples que é derivada da equação geral (ver Fig.42).

Figura 42 - Dois resistores diferentes associados em paralelo.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Exemplo 2: Calcule a resistência total (equivalente) entre os pontos A e B da associação abaixo:



Resolução:

Como só temos dois resistores em paralelo, usamos a equação do segundo caso.

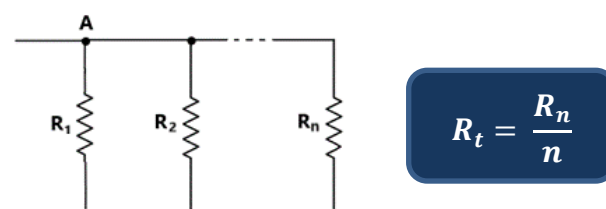
$$R_1 = 8\Omega \text{ e } R_2 = 12\Omega$$

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow R_t = \frac{8 \cdot 12}{8 + 12} = \frac{96}{20}$$

$$R_t = 4,8\Omega$$

Terceiro caso: Temos aqui outro caso que facilita o cálculo da resistência total (equivalente) quando temos vários resistores de mesmo valor em paralelo. Quando temos n resistores com mesmo valor de resistência em paralelo (ver Fig.43) podemos calcular a resistência equivalente como:

Figura 43 - n resistores iguais associados em paralelo.

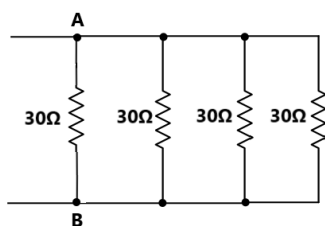


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

A equação acima quer dizer que para calcularmos a resistência total de uma associação em paralelo cujos resistores têm o mesmo valor de resistência, basta pegarmos este valor e dividirmos pela quantidade de resistores. Observem o exemplo:

Exemplo 3:

Calcule a resistência total entre os pontos A e B da associação de resistores abaixo:



Resolução

Como temos quatro resistores de mesma resistência associados em paralelo, pegamos o **valor da resistência** e dividimos pela **quantidade de resistores** da associação.

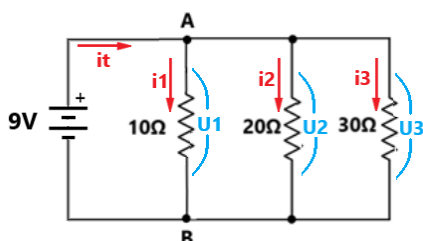
$$R_t = \frac{R_n (\text{Valor da resistência})}{n (\text{número de resistores})} = \frac{30}{4} = 7,5 \, \Omega$$

$$R_t = 7,5 \, \Omega$$

Agora vamos fazer outro exemplo e depois praticarmos os experimentos dos apêndices 6 e 7.

Exemplo 4:

Calcule a resistência total, a corrente em cada ramo e a corrente total da associação de resistores abaixo.



Resolução:

1. A resistência total já calculamos no exemplo 1 deste item. O resultado foi aproximadamente $5,45 \, \Omega$

2. Como a tensão é igual em cada resistor da associação em paralelo, basta usarmos a primeira lei de ohm para achar a corrente em cada ramo.

$$U_t = U_1 = U_2 = U_3 = 9V$$

Sendo: $R_1 = 10 \, \Omega$; $R_2 = 20 \, \Omega$; $R_3 = 30 \, \Omega$, temos:

$$i_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{9}{10} = 0,9 \rightarrow i_1 = 0,9 \, A$$

$$i_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{9}{20} = 0,45 \rightarrow i_2 = 0,45 \, A$$

$$i_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{9}{30} = 0,3 \rightarrow i_3 = 0,3 \, A$$

3. Podemos calcular a corrente total de duas maneiras.

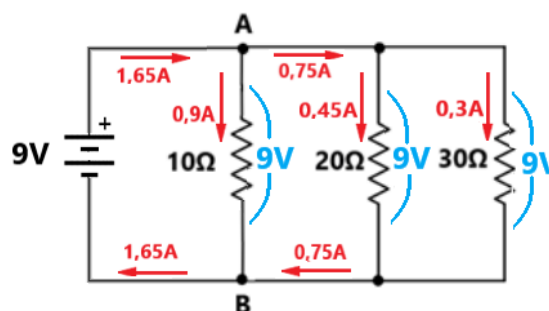
1ª Maneira: Usamos a segunda característica da associação em paralelo de resistores.

$$i_t = i_1 + i_2 + i_3 \rightarrow i_t = 0,9A + 0,45A + 0,3A \rightarrow i_t = 1,65A$$

2ª Maneira: Usamos a primeira lei de ohm com a tensão total e resistência total para acharmos a corrente total.

$$i_t = \frac{U_t}{R_t} = \frac{9}{5,45} \approx 1,65 \rightarrow i_t \approx 1,65 \, A$$

Obs 1: O resultado deu aproximado porque usamos o valor encontrado da resistência total aproximado.



Se quisermos nos aprofundar mais um pouco, podemos calcular o valor da potência desenvolvida por cada resistor.

$$P_1 = U_1 \cdot i_1 = 9 \cdot 0,9 = 8,1 \rightarrow P_1 = 8,1W$$

$$P_2 = U_2 \cdot i_2 = 9 \cdot 0,45 = 4,05 \rightarrow P_2 = 4,05W$$

$$P_3 = U_3 \cdot i_3 = 9 \cdot 0,3 = 2,7 \rightarrow P_3 = 2,7W$$

Obs 2: É importante sabermos a potência que cada resistor irá desenvolver, pois devemos comprar um resistor com a potência maior de modo que ele não queime.

Vamos citar como exemplo o resistor R_3 . A potência que ele irá desenvolver será de 2,7W. Se comprarmos um resistor de 1W, ele irá queimar. Devemos comprar o resistor com uma potência maior que 2,7W para que ele não queime.



PROFESSOR:

Aluno(a):

Turma:

Apostila de Eletrodinâmica

Apêndice A – Leitura do código de cores dos resistores

Vamos aprender como tirar a leitura código de cores de resistores para podermos fazer os experimentos sobre a Lei de Ohm e Associações de Resistores. A leitura do código de cores também é importante para determinarmos os valores de resistências dos diversos resistores que fazem parte de circuitos eletroeletrônicos do nosso cotidiano. Os resistores que iremos usar serão de quatro anéis ou faixas, no entanto, também existem resistores de precisão com maior número de anéis, mas não vamos tratar deles nesta sessão.

Os resistores são componentes muito pequenos, devido a **isto** existe uma dificuldade em imprimir valores numéricos nos mesmos, por isso os valores são expressos em códigos para facilitar a leitura. Cada anel ou faixa indica um algarismo, conforme o quadro de códigos abaixo:

Tabela 01 – Código de cores dos resistores

Cor	1º anel (1ª faixa)	2º anel (2ª faixa)	Multiplicador/ Nº de zeros	Tolerância
Preto	0	0	0	
Marrom	1	1	1	1%
Vermelho	2	2	2	2%
Laranja	3	3	3	
Amarelo	4	4	4	
Verde	5	5	5	0,5%
Azul	6	6	6	0,25%
Violeta	7	7	7	0,1%
Cinza	8	8	8	0,05%
Branco				
Dourado			x 0,1	5%
Prata			x 0,01	10%
Sem cor				20%

Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Vamos seguir os passos abaixo e depois vamos achar os valores de resistência de alguns resistores.

- 1- A primeira faixa do resistor indica o primeiro algarismo.
- 2- A segunda faixa do resistor indica o segundo algarismo.
- 3- A terceira faixa do resistor indica o algarismo multiplicador.
- 4- A quarta faixa do resistor indica a **tolerância**.

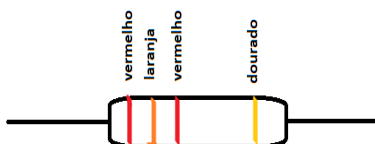
Tolerância é a margem de valor que o resistor pode ter a mais ou a menos do valor lido pelo código. Por exemplo, se você leu o valor do resistor e deu 100Ω e tolerância de 10%, significa que o valor do resistor pode estar entre 90Ω e 110 Ω, pois 10% de 100 Ω é 10 Ω. Se você observar, quanto menor é a tolerância, mais preciso é o resistor.

Agora vamos pôr a mão na massa!

- 1) Leia o código de cores dos resistores:

a)

vermelho:2 laranja: 3 vermelho:2 (acrescenta 2 zeros)

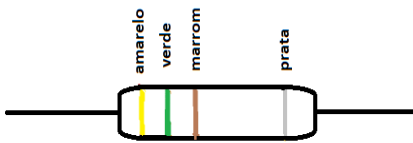


O primeiro algarismo será 2, o segundo será 3 e como a terceira faixa é o vermelho então acrescentamos 2 zeros ao valor (significa multiplicar por 100). A última faixa é a tolerância que, no caso da cor dourada, é de 5%.

Resultado 2 3 0 0 Ω + - 5% de tolerância.

A tolerância de 5% significa que tiramos 5% de 2300 que é igual a 115. Então o valor do resistor pode estar entre 2185Ω ($2300 - 115$) e 2415Ω ($2300 + 115$).

b)



amarelo:4 verde: 5 marro: 1 (acrescenta 1 zero)

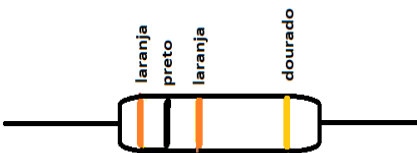
O primeiro algarismo será 4, o segundo será 5 e como a terceira faixa é o marrom então acrescentamos 1 zero ao valor (significa multiplicar por 10). A última faixa é a tolerância que, no caso da cor prata, é de 10%.

Resultado $450\Omega \pm 10\%$ de tolerância.

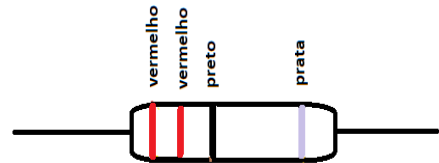
A tolerância de 10% significa que tiramos 10% de 450 que é igual a 45. Então o valor do resistor pode estar entre 405Ω ($450 - 45$) e 495Ω ($450 + 45$).

Agora faça você mesmo! Encontre a resistência dos resistores e sua respectiva tolerância.

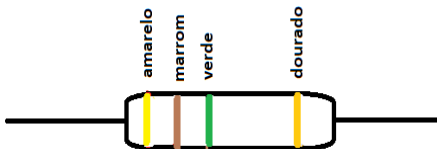
c)



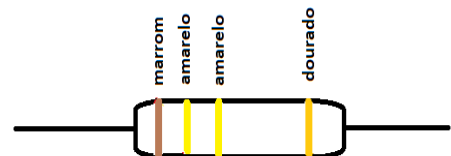
d)



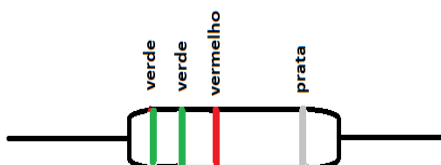
e)



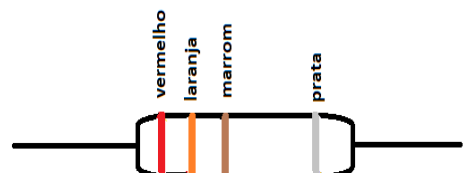
f)



g)



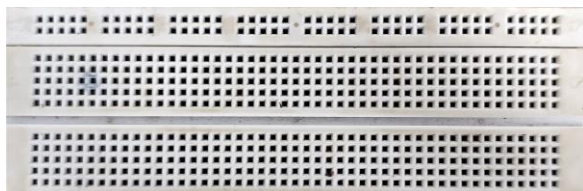
h)



Apêndice B – Como utilizar o *protoboard*

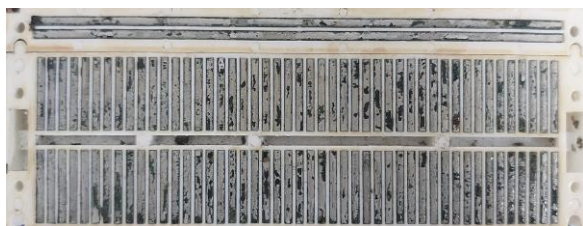
O *protoboard* é uma matriz de contato com vários furos que interiormente são ligados por fios condutores na vertical e horizontal e servem para montagem temporária de circuitos. Observe as figuras B1 e B2 abaixo:

Figura B1 – Parte de cima do protoboard onde os componentes são encaixados nos furos.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

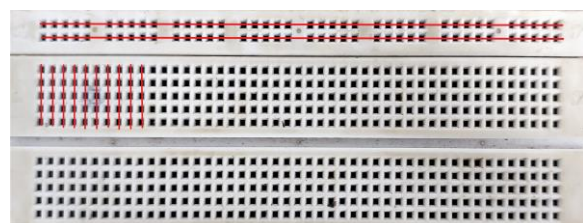
Figura B2 – Parte de baixo do protoboard. Observe como os fios estão dispostos.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Como podemos observar na Fig.B2, os furos das primeira e segunda linhas, de cima para baixo, estão ligados por um fio na horizontal e o restante dos furos estão ligados com fios na vertical, conforme Fig.B3

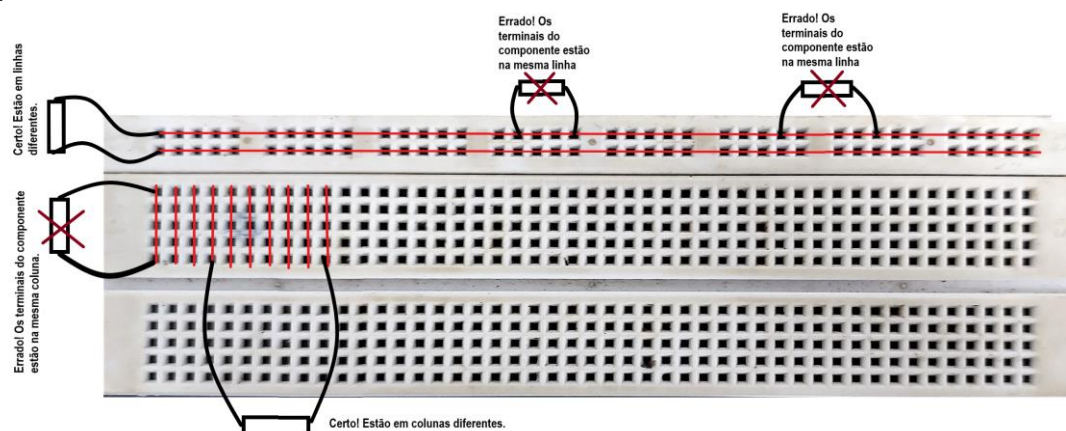
Figura B3 – Indicação da ligação dos furos por fios sendo representada por uma linha vermelha.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Quando formos encaixar os terminais dos componentes para montagem de circuitos ou para testes, não podemos encaixar o mesmo componente numa mesma linha ou coluna, pois a corrente não passará pelo componente e sim pela linha condutora porque possui uma menor resistência (ver Fig.B4)

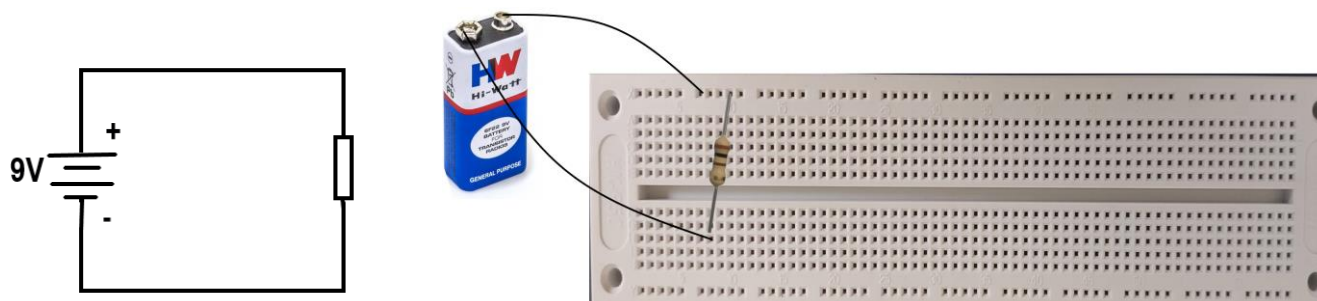
Figura B4 – Exemplo do que se deve fazer quando formos ligar os terminais de um componente num protoboard.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Observe como se monta o circuito abaixo, pois usaremos essa montagem no experimento sobre a primeira Lei de Ohm.

Figura B5 – Exemplo de uma ligação de um circuito simples num protoboard.

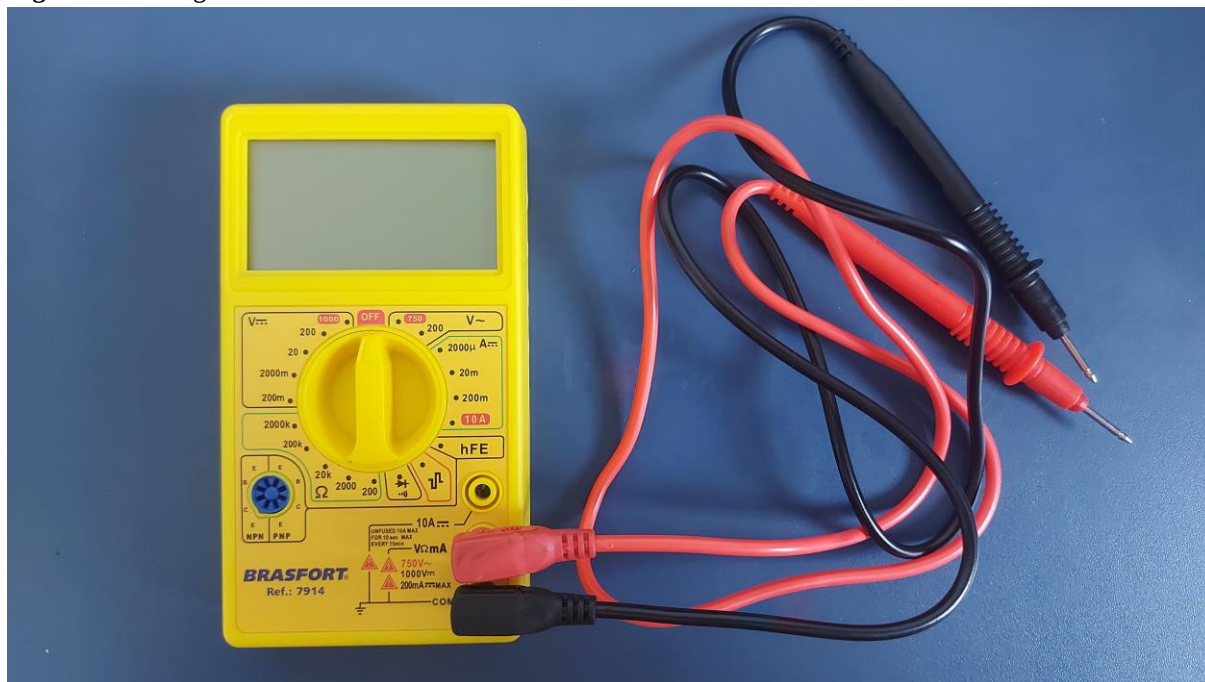


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Apêndice C – Como utilizar o multímetro

O multímetro é um instrumento que faz a medida de várias grandezas elétricas. Num multímetro mais simples, temos um ohmímetro (medidor de resistência), um voltímetro (medidor de tensão) e um amperímetro (medidor de corrente) todos juntos num só aparelho, conforme Fig.C1.

Figura C1 – Imagem de um multímetro.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Para utilizarmos o multímetro é importante conhecermos o que significa cada simbologia que vem indicando no mesmo. Vamos analisá-las cada uma.



Este símbolo indica **tensão contínua** (alguns multímetros representam como **DCV**), pois a letra **V (Volt)** é unidade de medida de tensão. Utilizamos esta escala quando queremos medir tensão em uma pilha ou bateria (associação de pilhas) e etc. Qualquer tensão contínua pode ser medida nessa escala.



Este símbolo indica **tensão alternada** (**ACV** em alguns multímetros), ou seja, utilizamos esta escala na medição da tensão alternada, seja a rede, da entrada ou saída de um transformador e etc.



Este símbolo indica unidade de medida da **resistência elétrica**. Utilizamos esta escala na medição da resistência de um material ou de componentes.



Este símbolo indica **corrente contínua (DCA)** em alguns multímetros), pois a letra **A (Ampère)** é unidade de medida de corrente elétrica. Utilizamos esta escala na medição da corrente contínua.

OBS: Devemos ter muito cuidado quando formos medir uma dessas três grandezas elétricas, **pois temos que identificar que tipo de grandeza devemos medir (tensão contínua, tensão alternada, corrente contínua e etc) e saber seu valor, pois a numeração da escala escolhida tem que ser imediatamente superior ao valor a ser medido.**

Exemplo: Em que escala devemos colocar o multímetro para medir a tensão da rede elétrica residencial?

R. Devemos ter em mente que **a tensão da rede elétrica residencial no Nordeste é de 220V alternados.** Então devemos colocar na escala de tensão alternada num valor imediatamente superior ao que vai ser medido, conforme Fig.C2.

R. Agora se estivéssemos no Sudeste, **como a tensão de lá é de 110V**, poderíamos colocar na escala de tensão alternada num valor de 200V, conforme Fig.C3.

Figura C2 – Escala correta de medição da tensão da rede residencial no Nordeste de 220V.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Figura C3 – Escala correta de medição da tensão da rede residencial no Sudeste de 110V.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Outro fator que devemos nos atentar é que em algumas escalas têm alguns símbolos ou letras junto à numeração, e estes símbolos indicam múltiplos ou submúltiplos. Observe as escalas da Fig.C4.

Figura C4 – Múltiplos e submúltiplos das grandezas elétricas.



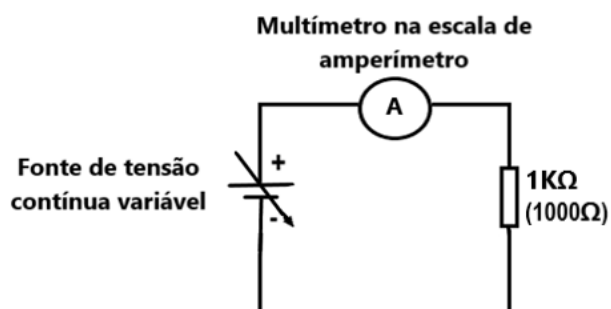
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Observando a escala ao lado, alguns valores das grandezas vêm seguidos da letra **m** que indica o submúltiplo **mili** (1/1000), então **2000mV** significa (2000/1000) 2V. Já o submúltiplo **μ (micro)** significa (1/1000.000), ou seja, **2000μA** (2000/1000.000) significa 0,002A ou 2mA. Já a letra **k (kilo)** significa 1000 vezes o valor. Então **2000kΩ** significa 2000.000Ω, **20kΩ** indica 20.000Ω.

OBS: Quando **formos usar a escala do amperímetro** para fazermos medições devemos colocar o multímetro em série com o circuito. Quaisquer dúvidas, pergunte ao seu professor!

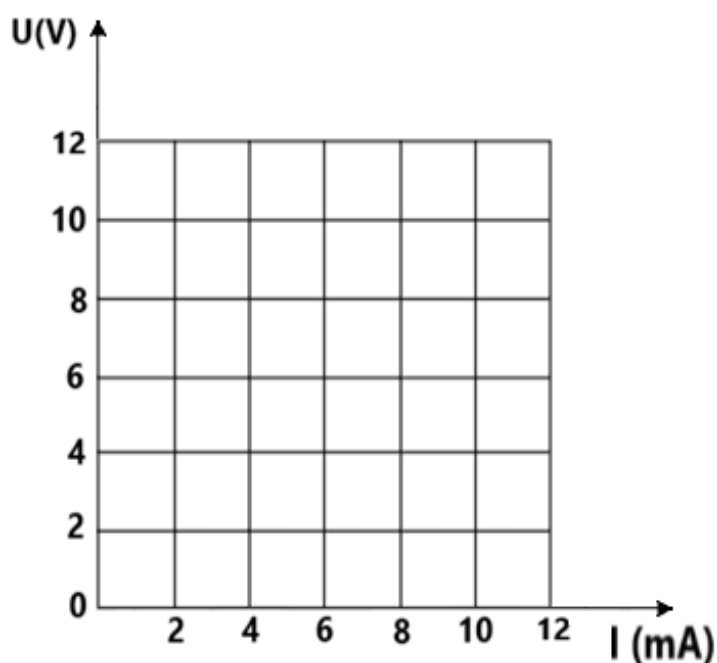
Apêndice D – Experimento sobre a Primeira Lei de Ohm

1º Passo – Monte o circuito abaixo no protoboard e complete a tabela com os valores de corrente que passa pelo resistor.



Tensão(V)	Corrente (mA)
2V	
4V	
6V	
8V	
10V	

2º Passo – Monte o gráfico usando os valores encontrados.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{U(V)}{I(A)} = R$$

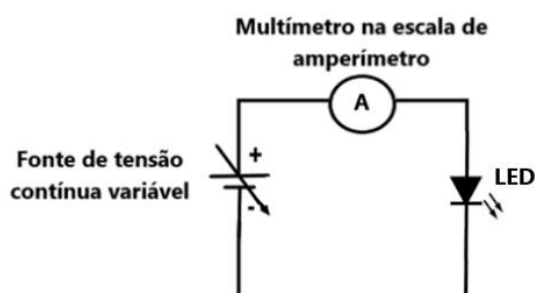
3º Passo – Trace o gráfico e calcule a tangente do ângulo.

4º Passo – Agora faça a medida do valor do resistor com o multímetro. Qual conclusão você tirou?

5º Passo – Após ter respondido à questão do 4º passo, volte a ler a teoria.

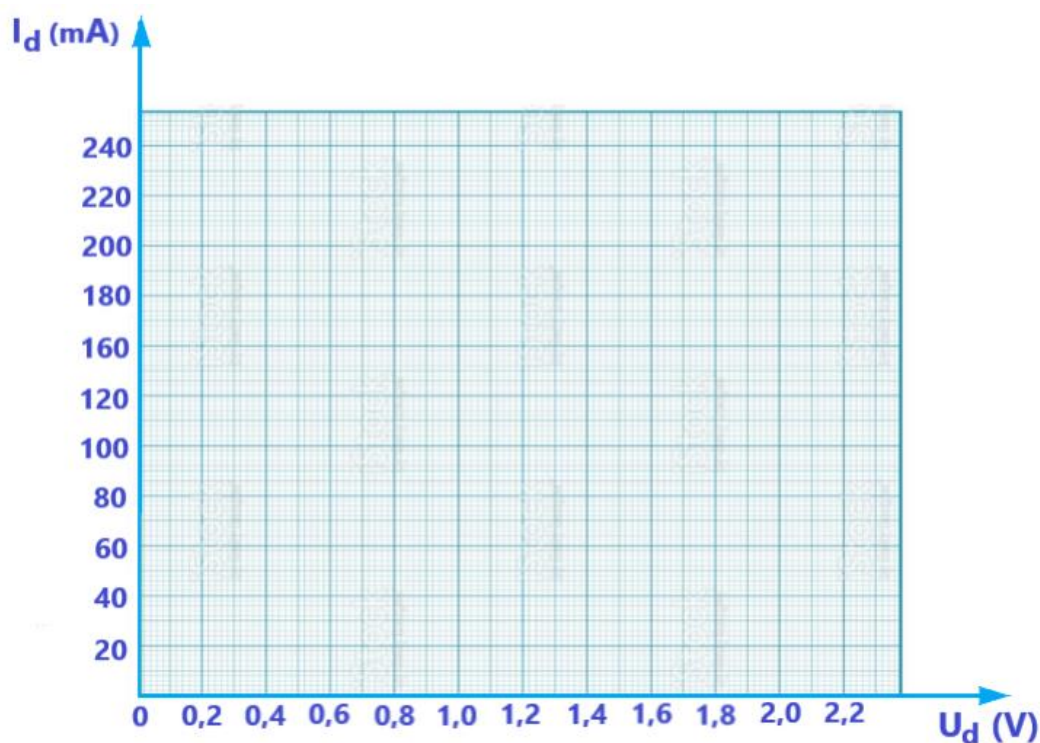
Apêndice E – Experimento com resistência não ôhmica

1º Passo – Monte o circuito abaixo no protoboard e complete a tabela com os valores de corrente do diodo (I_d) para cada tensão do diodo (U_d).



U_d (V)	I_d (mA)
0,2V	
0,4V	
0,6V	
0,8V	
1,0V	
1,2V	
1,4V	
1,6V	
1,8V	
2,0V	

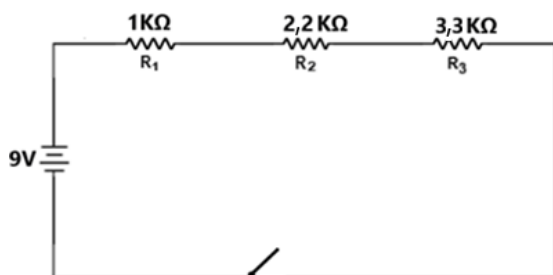
2º Passo – Monte o gráfico usando os valores encontrados e anotados na tabela acima.



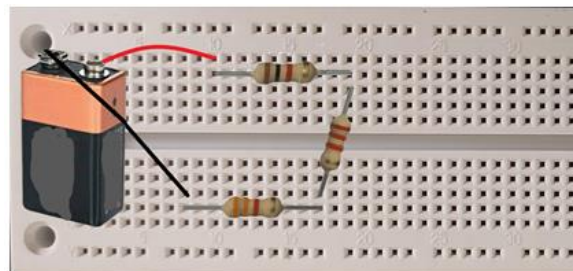
3º Passo – Qual conclusão você tirou com relação ao primeiro a resistência ôhmica do “Experimento sobre Lei de Ohm”? Qual a diferença entre gráfico de uma resistência não ôhmica para uma resistência ôhmica?

Apêndice F – Experimento com associação em série de resistores

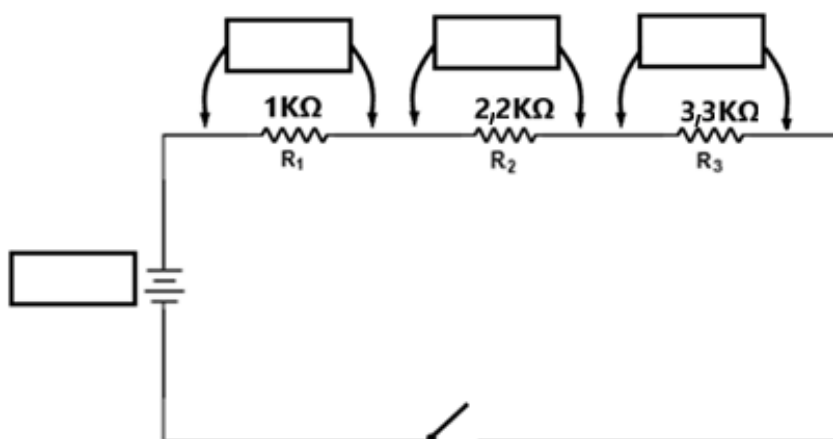
1º Passo – Calcule a tensão em cada resistor e a corrente total do circuito abaixo (em caso de dúvidas volte ao exercício do item 8 ou pergunte ao professor).



Sugestão:



2º Passo – Monte o circuito acima (poderá usar a **sugestão**), faça a medida da tensão total, da queda de tensão em cada resistor e depois anote nos quadrados do circuito abaixo.



3º Passo – Coloque o multímetro em série com os componentes do circuito e faça a medida da corrente total. Faça essa medida colocando o multímetro em diferentes posições do circuito.

4º Passo – Some a tensão medida em cada resistor e compare com a tensão total. Qual conclusão você tirou?

5º Passo – Com relação ao **3º passo**, que conclusão você tirou?

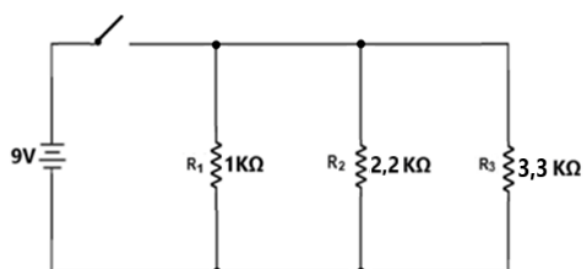
6º Passo – As medidas coincidiram com o valor calculado?

Sim () Não ()

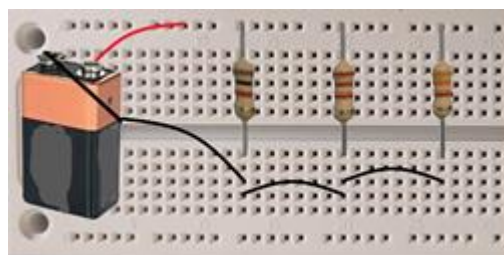
7º Passo – Se não, anote o que deu diferente e argumente com o seu professor o que pode ter causado essa diferença.

Apêndice G – Experimento com associação em paralelo de resistores

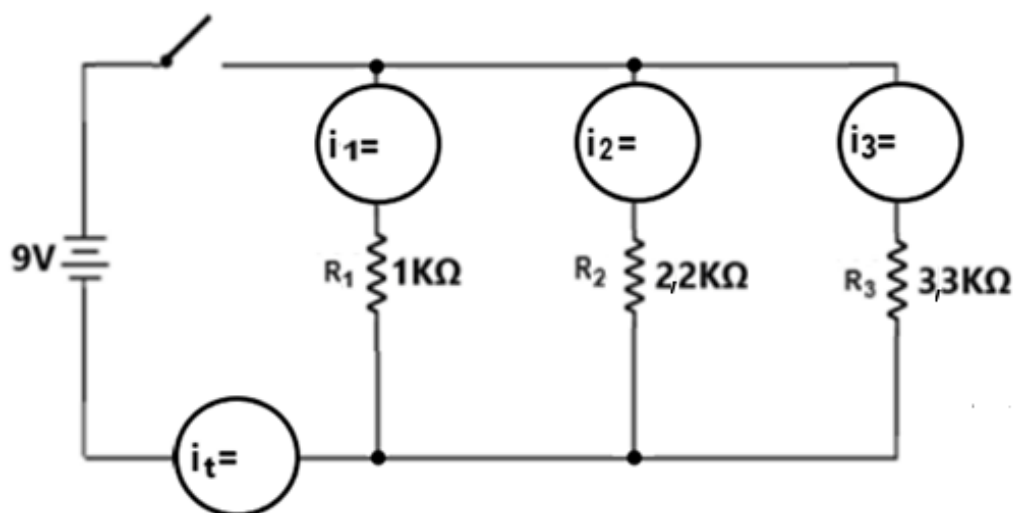
1º Passo – Calcule a tensão que fica em cada resistor, a resistência total, a corrente total e a corrente que passa por cada ramo do circuito abaixo (em caso de dúvidas volte ao exemplo 4 do item 9 ou pergunte ao professor).



Sugestão



2º Passo – Monte o circuito acima (poderá usar a **sugestão**), faça a medida **das correntes i_1 , i_2 e i_3** de cada ramo, da **corrente total (i_t)** e depois anote nos círculos do circuito abaixo.



3º Passo – Some as correntes de cada ramo ($i_1 + i_2 + i_3$) e compare com a corrente total. Qual conclusão você tirou?

4º Passo – Faça a medida da tensão em cada resistor e compare com a tensão total. O que você conclui desta observação?

5º Passo – As medidas coincidiram com o valor calculado?

Sim ()

Não ()

7º Passo – Se não, anote o que deu diferente e argumente com o seu professor o que pode ter causado essa diferença.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson; MARQUES, Ana. **O que é um LED? Entenda como funciona essa tecnologia de iluminação.** Tecnoblog.net. 05/2023. il.color. Disponível em: < <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-led/> >. Acessado em 21/06/2023.

AMPHENOL BROADBAND SOLUTIONS. [sem título]. Amphenolbroadband.com.br. il.color. Disponível em: < <https://amphenolbroadband.com.br/wp-content/uploads/2020/08/fio-eletrico.jpg> >. Acessado em 10/06/2023.

ASTH, Rafael C. **Circuito Elétrico: o que é, elementos e tipos.** Todamateria.com.br .il.color. Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/circuito-eletrico/> > Acessado em 13/06/2023.

BOYLSTAD, Robert L. *Análise de Circuitos*. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012, pg. 40.

CALÇADA, Caio S.; SAMPAIO, José L. *Física Clássica*. 2ª ed. São Paulo: Atual, 1998, pg.19.

DESTERRO ELETRICIDADE. **O que é corrente e tensão alternadas.** Desterroeletricidade.com.br. Florianópolis-SC. 31/10/2016. il.color. Disponível em: < <https://www.desterroeletricidade.com.br/blog/eletrica/o-que-e-corrente-e-tensao-alternadas/> >. Acessado em 21/06/2023.

ELÉTRICA SIMPLES E FACIL. [sem título]. Eletricasimplesefacil.blogspot.com. 2015. il.color. Disponível em: < <http://eletricasimplesefacil.blogspot.com/2015/05/grandezas-eletricas.html> >. _Acessado em 10/06/2023.

ELETRICISTA 24H. **Por que os pássaros pousam no fio elétrico e não são eletrocutados.** Eletricista24hs.com.br. 20/05/2021. il.color. Disponível em: <<https://eletricista24hs.com.br/passaro-nao-leva-choque/>>. Acessado em 13/06/2023.

FERREIRA, Matheus. **Experimentando a Aquisição de Dados de Temperatura e o Condicionamento de Sinais.** Linkedin.com. 24/04/2019. il.color, Disponível em: < <https://www.linkedin.com/pulse/experimentando-aquisi%C3%A7%C3%A3o-de-dados-temperatura-e-o-sinais-ferreira> >. Acessado em 21/06/2023.

FÍSICA 3º ENSINO MÉDIO. [sem título]. Fisicaidesa3.blogspot.com. 17/03/2023. il.color. Disponível em: < <http://fisicaidesa3.blogspot.com/2013/03/aula-4-corrente-eletrica.html> > Acessado em 13/06/2023.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. *Física 3: Eletromagnetismo*. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002, pgs 54-56.

HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. 9ªed. Porto Alegre: Bookman, 2002, pg. 394.

HUDSON BONAZZA. **Tomando choque.** Hudsonbonazza.wordpress.com. 06/07/2026. il.color. Disponível em: < <https://hudsonbonazza.wordpress.com/teste-01-2/tomando-choque/> >. Acessado em 17/06/2023.

MAKER HERO. **Pilhas e Baterias:** Conheça os principais tipos. 10/09/2015. il.color. Disponível em: < <https://www.makerhero.com/blog/pilhas-e-baterias-principais-tipos/> >. Acessado em 20/06/2023.

OLIVEIRA, Ivanor N.*et al.* **Estudo das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com o auxílio da plataforma Arduino.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, 2020. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbef/a/tYxCGJshXSRQY5wDgZMdCqM/?lang=pt> >. Acessado em 25/06/2023.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio de. *Os Fundamentos da Física*. 10ª ed. São Paulo: Moderna, 2009, pgs 256 – 257.

VIANA, Aryanne. **Átomo:** o que é, estrutura e modelos atômicos. Vaiquimica.com.br.16/02/2021. il.color. Disponível em: <<https://vaiquimica.com.br/o-que-e-atomo/>>. Acessado em 10/06/23.

WJ COMPONENTES ELETRÔNICOS. [sem título]. wjcomponentes.com.br. il.color. Disponível em:
< <https://www.wjcomponentes.com.br/resistores-leds/kit-400-resistores> > Acessado em 21/06/2023.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL



PROFESSOR:

Aluno(a):

Turma:

DATA: ____ / ____ / ____

QUESTIONÁRIO FINAL

1) Referente à apostila, comente o que você observou com relação ao seu conteúdo e à sua diagramação.

2) Usamos uma metodologia ativa na aplicação do produto educacional chamada de Sala de Aula Invertida em que, resumidamente, os conteúdos passam a ser estudados em casa e as atividades realizadas em sala de aula. Faça uma comparação com relação à Metodologia Tradicional (metodologia passiva), em que o professor passa os ensinamentos para os alunos através de aulas expositivas e depois avalia o que foi efetivamente compreendido através de trabalhos, avaliações orais ou provas escritas.

3) Com relação às atividades experimentais, elas facilitaram na construção do conhecimento da eletrodinâmica realizada por você? Comente sua resposta.

4) Qual a função da bateria, do resistor e do interruptor? Represente a simbologia desses componentes.

Simbologia do resistor

Simbologia da bateria

Simbologia do interruptor

5) Qual a corrente que passa por um resistor de 20Ω ligado a uma bateria cuja tensão é 30V?

6) Por um resistor de 15Ω passa uma corrente de 200mA. Qual a tensão que está aplicada sobre o resistor?

7) Um fabricante de chuveiros elétricos disponibiliza as especificações técnicas no manual de instruções conforme figura abaixo. Um chuveiro desenvolve uma potência de 2800W a 220V e está ligado na posição “morno”. Qual o valor da resistência desse chuveiro? Qual a corrente que circula por ele? Por que devemos usar um disjuntor de 25A para a proteção contra um curto-circuito?

Modelo

Tensão Nominal (Volts~)

(Frio)

Potência Nominal (Watts) (Morno)

(Quente)

Corrente Nominal (Ampères)

Fiação Mínima (Até 30 m)

Fiação Mínima (Acima 30 m)

Disjuntor (Ampères)

Torneira

127

220

Desligado

2 800

3 200

2 800

3 200

4 500

5 500

4 500

5 500

35,4

43,3

20,4

25,0

6 mm²

10 mm²

4 mm²

4 mm²

10 mm²

16 mm²

6 mm²

6 mm²

40

50

25

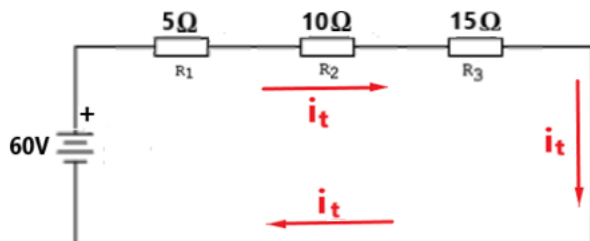
30

Disponível em: http://www.cardal.com.br/manualprod/Manuals/Torneira%20Suprema%20Manual_Torneira_Suprema_roo.pdf



8) Por que os pássaros não levam choque quando estão com os pés sobre um mesmo fio?

9) Calcule a corrente total, a resistência total e a tensão que fica em cada resistor da associação em série de resistores do circuito abaixo.



10) Calcule a tensão que fica em cada resistor, a corrente que passa em cada ramo do circuito, a resistência total e a corrente total da associação em paralelo do circuito abaixo.

