



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

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA O ENSINO E
APRENDIZAGEM DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES UTILIZANDO *PROTOBOARD*
E MULTÍMETRO.**

Recife

2025

Uelpis Luiz Tenório da Silva

SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA O ENSINO E
APRENDIZAGEM DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES UTILIZANDO *PROTOBOARD*
E MULTÍMETRO.

Dissertação apresentada ao Polo 58 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:

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

Recife

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S586s Silva, Uelpis Luiz Tenório da.
Sequência didática em circuitos elétricos para o ensino e aprendizagem de associação de resistores utilizando *Protoboard* e multímetro / Uelpis Luiz Tenório da Silva. – Recife, 2025.
217 f.

Orientador(a): Sara Cristina Pinto Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Aprendizagem ativa. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Ensino - Metodologia. 4. Eletrodinâmica 5. Resistores. I. Rodrigues, Sara Cristina Pinto, orient. II. Título

CDD 530

Uelpis Luiz Tenório da Silva

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA O ENSINO E
APRENDIZAGEM DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES UTILIZANDO *PROTOBOARD*
E MULTÍMETRO.**

Dissertação apresentada ao Polo 58 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

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

Aprovada por:

Presidente: Prof^a. Dra. Sara Cristina Pinto
Rodrigues (UFRPE)

Membro Interno: Prof^a. Dra. Énery Gislayne
de Sousa Melo (UFRPE/UAEADTEC)

Membro Externo: Prof. Dr. Ernande Barbosa
da Costa (UFRPE)

Suplente Interno: Prof. Dr. Carlos André de
Carvalho Bosco (UFRPE)

Suplente Externo: Prof. Dr. Pedro Hugo de
Figueiredo (UFRPE)

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha querida mãe, Laudicéa, por ter me educado com dedicação, carinho e orientado o meu caminho para me tornar o que sou hoje. Igualmente, dedico também à minha esposa, Ivânia, e a meu filho, Eric, por me incentivarem nos momentos de fraqueza e por sempre acreditarem que sou capaz. A felicidade e alegria do meu filho são bálsamos para minha alma.

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.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

EPÍGRAFE

“A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são, também eles, obrigatoriamente únicos.” (AUSUBEL, 2001, p.1).

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo explorar a realização da experimentação no ensino de Física usando uma metodologia diferente da tradicional, em que o aluno é um receptor passivo das informações transmitidas pelo professor, e tem como público alvo professores do ensino médio, licenciandos e licenciados. Desta forma, apresentamos uma sequência didática utilizando uma metodologia ativa e a realização de experimentos por meio de recursos tecnológicos, tais como multímetro, *protoboard*, bateria e fonte de tensão variável, no estudo da associação em série e paralelo de resistores, por meio do qual foram desenvolvidas habilidades e competências na construção dos conhecimentos pertencentes à eletricidade tais como circuito, tensão, corrente e resistência elétricas. Esses conceitos são importantes e fazem com que os alunos entendam a lei de Ohm, que serve como base para o conhecimento de tais associações. O uso de recursos tecnológicos contribui, também, para uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) pois 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. Foram usadas na sequência de ensino, como fundamentação pedagógica, as ideias de Ausubel e Vigotski, entendendo que o conhecimento é construído dentro de um contexto social, histórico e cultural e a aprendizagem tem que ser significativa, uma vez que não existe ensino sem aprendizagem. A metodologia aplicada foi uma sequência didática composta pela Sala de Aula Invertida, que é uma metodologia ativa que põe o aluno como protagonista na construção do conhecimento, diferentemente do ensino tradicional em que o aluno serve como repositório de informações transmitidas pelo professor. A aplicação do produto se mostrou eficaz, tendo como resultado um maior índice de aprendizado e aceitação pelos alunos, demonstrando que a utilização de uma metodologia ativa e a realização da experimentação podem contribuir numa aprendizagem mais significativa.

Palavras-chave: metodologia ativa; ensino de Física; Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT); experimentos; eletrodinâmica; associação de resistores.

ABSTRACT

This dissertation aims to explore the implementation of experimentation in Physics teaching using a methodology different from the traditional one, where the student is a passive receptor of the information transmitted by the teacher. The target audience includes high school teachers, as well as undergraduate and graduate students. In this context, we present a teaching sequence that employs an active methodology and the conduction of experiments using technological resources such as a multimeter, breadboard, battery, and variable voltage power supply, in the study of series and parallel resistor combinations. Through this approach, students developed skills and competencies related to electrical concepts such as circuits, voltage, current, and resistance. These concepts are essential for understanding Ohm's Law, which serves as the foundation for learning about such combinations. The use of technological resources also contributes to Scientific and Technological Literacy (STL), as we, educators, must mediate the use of science and technology within the social context of the learners, enabling them to apply this knowledge critically when making decisions about science, technology, society, and the environment. The pedagogical foundation for the teaching sequence was based on the ideas of Ausubel and Vygotsky, acknowledging that knowledge is constructed within a social, historical, and cultural context, and that learning must be meaningful, since there is no teaching without learning. The methodology applied was a didactic sequence incorporating the Flipped Classroom approach, an active methodology that places the student as the protagonist in the knowledge construction process, in contrast to traditional teaching, where the student serves as a repository of information transmitted by the teacher. The application of this approach proved to be effective, resulting in a higher rate of learning and student acceptance, demonstrating that the use of an active methodology and experimentation can contribute to more meaningful learning.

Keywords: active methodology; Physics teaching; Scientific and Technological Literacy; experiments; electrodynamic; resistors association.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Alfabetização Científica e Tecnológica
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ddp	Diferença de potencial
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
fem	Força eletromotriz
IA	Inteligência Artificial
IFPB	Instituto Federal da Paraíba
IFPB – CB	Instituto Federal da Paraíba campus Cabedelo
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
LED	Diodo Emissor de Luz (<i>Light - Emiting Diode</i>)
MA	Meio Ambiente
MM	Multimídia
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
RP	Recursos Pesqueiros
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA.....	17
2.1 - A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	17
2.1.2 - Condições para a aprendizagem significativa	22
2.1.3 - Esquecimento na aprendizagem significativa	23
2.1.4 - A Importância da linguagem na aprendizagem significativa	23
2.2 - RESUMO DA TEORIA CONSTRUTIVISTA DE VIGOTSKI	24
2.2.1 - Significados e zona de desenvolvimento proximal	26
2.3 - METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO	27
2.3.1 - Mudança de paradigma	28
2.3.2 - Sala de aula invertida	29
2.4 - O PROCESSO DE AVALIAÇÃO	32
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	35
3.1 - CARGA ELÉTRICA, CAMPO ELÉTRICO, ENERGIA POTENCIAL E POTENCIAL ELÉTRICOS	35
3.1.1 - Carga elétrica.....	35
3.1.1.1 - Origem e quantização das cargas elétricas	37
3.1.2 - Campo elétrico.....	38
3.1.2.1 - Direção e sentido do campo elétrico.....	39
3.1.3 - Energia potencial elétrica	41
3.1.4 - Potencial elétrico	43
3.2 - CORRENTE ELÉTRICA	45
3.2.1 - Intensidade da corrente elétrica.....	46
3.2.2 - Intensidade da corrente elétrica em função da velocidade de arraste	48
3.2.3 - Intensidade da densidade de corrente	48
3.2.4 - Intensidade da densidade de corrente em função da velocidade de arraste	49
3.3 - RESISTÊNCIA ELÉTRICA	50
3.3.1 - Resistividade	50
3.3.2 - Resistência de um condutor.....	51
3.3.2.1 - Lei de ohm.....	52
3.3.2.2 - Cálculo da resistência através da resistividade	54
3.4 - POTÊNCIA ELÉTRICA.....	55
3.5 - FORÇA ELETROMOTRIZ E TENSÃO.....	57
3.5.1 - Força eletromotriz em fontes de tensão contínua.....	60

3.6 - CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA	64
3.6.1 - Associação em série de resistores	65
3.6.2 - Associação em paralelo de resistores	68
4. METODOLOGIA.....	73
4.1 - INFORMAÇÕES SOBRE A ESCOLA.....	73
4.2 - PERFIL DOS ALUNOS	75
4.3 - COMPETÊNCIAS E HABILIDADES QUE SERÃO DESENVOLVIDAS	75
4.4 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	76
4.5 - SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	79
5. RESULTADOS	88
5.1 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO	88
5.2 - AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	89
5.3 - ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS E EXPERIMENTOS.....	90
5.3.1 - Questionário diagnóstico.....	90
5.3.2 – Experimentos	94
5.3.3 - Questionário final.....	96
6. CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	115
APÊNDICE B – APOSTILA	119
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL	152
APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL.....	156

1. INTRODUÇÃO

É consenso que os professores de física acham extremamente importante a utilização de atividades experimentais para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos, porém esses experimentos são utilizados muitas vezes de maneira esporádica dentro de uma abordagem tradicional de ensino. Também são utilizados experimentos demonstrativos nos quais os alunos apenas observam para construir determinado conhecimento, porém não os pratica. Com relação a atividades experimentais, Gaspar (2014, p.7) afirma que “a prática é muito rara por parte da maioria dos professores, tanto em sala de aula como em laboratório; na maioria das escolas públicas é uma prática esporádica, assistemática e sem metodologia definida”.

Por outro lado, vivemos em uma sociedade moderna em que os conhecimentos científicos e tecnológicos crescem de maneira exponencial. *Smartphones*, televisores digitais, tecnologia 5G, computadores quânticos, inteligência artificial são apenas alguns exemplos de tecnologias que estão sendo desenvolvidas no mundo. Dentro desse contexto, torna-se urgente que a utilização da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) na educação aumente nas escolas e na sociedade, pois 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 a aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos e seus impactos na sociedade e meio ambiente. Para Lorenzetti (2021, p.50), “com a educação, os indivíduos passam a utilizar o conhecimento científico em suas vidas e a discutir suas implicações sociais, tendo em vista que o nível de Alfabetização Científica se reflete nas decisões políticas tomadas em uma democracia”.

Entre os muitos conteúdos escolares da física, a eletrodinâmica desempenha um importante papel para o desenvolvimento da alfabetização científica, pois os conhecimentos abordados são aplicados diretamente no cotidiano dos indivíduos, como por exemplo circuitos de celulares, televisores e computadores. Alguns trabalhos referentes à eletrodinâmica e à associação em série e paralelo de resistores foram publicados tendo como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel usando alguma metodologia ativa. Como exemplo, podemos citar a dissertação escrita por Braga (2020) e apresentada ao Mestrado Nacional em Ensino de Física (MNPEF), em que o autor usa em seu produto educacional um *software* simulador de circuitos chamado *Eletronic Workbench* e um kit experimental para realização de alguns experimentos de eletrodinâmica em que estão incluídas associação em série e paralelo de resistores. Braga (2020), comparando o pré-teste com o pós-teste, verificou uma evolução na aprendizagem dos alunos e a utilização do kit experimental trouxe maior interesse na

aprendizagem. Pepe (2020), na sua dissertação apresentada ao MNPEF, intitulada Aplicação do Método Sala de Aula Invertida ao Ensino da Eletrodinâmica em Nível Médio, apresenta uma sequência de atividades em que foram adotados alguns instrumentos didáticos que utilizaram associações de resistores a fim de promover uma aprendizagem significativa, segundo a Teoria da Aprendizagem de Ausubel. Segundo Pepe (2020) mais de 70% dos alunos apresentaram uma “evolução conceitual compatível com os requisitos da aprendizagem significativa” (PEPE, 2020, p.115) e as TDICs (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação) constituíram um material potencialmente significativo. Nosso produto educacional será constituído de assuntos relacionados à eletricidade, apresentado em ordem crescente de dificuldade e culminando no aprendizado de associação em série e paralelo de resistores. Como recurso didático, serão usados kits experimentais e uma apostila potencialmente significativa elaborada por nós.

Este produto educacional tem como objetivos gerais:

1. Utilizar tecnologias para construção de conhecimentos científicos de modo que os alunos possam compreender e aplicar no seu cotidiano.
2. Trabalhar com conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos introduzindo conceitos científicos sobre eletricidade.
3. Permitir que os alunos observem experimentalmente as leis que regem uma associação em série e paralelo de resistores, compreendendo que essas leis são usadas em equipamentos eletroeletrônicos.

Como objetivos específicos, temos:

1. Apresentar aos alunos os conceitos de corrente, tensão, resistência e Lei de Ohm.
2. Realizar atividades experimentais com resistores, *protoboards*, multímetros e baterias.
3. Através dos experimentos, possibilitar que os alunos deduzam as leis físicas que existem em uma associação em série e paralelo de resistores.

A ideia desse produto educacional ocorreu pelo fato de a eletricidade estar presente no cotidiano da maioria das pessoas e o estudo da Associação Série e Paralelo de Resistores ajudará na construção de vários conceitos científicos e tecnológicos pelos alunos tais como tensão, resistência, corrente entre outras. Dentro dessa perspectiva, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) cita algumas habilidades e competências que serão praticadas neste trabalho. A atividade experimental com o *protoboard*, multímetro, resistores e diodo facilitará a mudança de paradigma do conhecimento chamado senso comum para o conhecimento científico. Diante do que foi dito, este trabalho se apresenta como uma proposta de sequência didática de algumas

atividades experimentais que serão realizadas no IFPB, campus Cabedelo, referente à produção do produto educacional para dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Este produto é destinado a professores do ensino médio, licenciandos e licenciados que estejam ensinando eletrodinâmica, pois, atualmente, boa parte dos professores ainda usa modelos tradicionais no processo de ensino e aprendizagem. Neste modelo, os alunos funcionam como repositórios de informações em que os mesmos não conseguem fazer ligações entre estas informações e o mundo que o cerca, ou seja, têm dificuldades de construir e produzir conhecimentos. Como alternativa de minimizar os efeitos causados pelo ensino tradicional e otimizar a construção e produção de conhecimentos pelos alunos, serão utilizadas como fundamentação pedagógica, que será apresentada no Capítulo 2 desta dissertação, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria da Linguagem de Vigotski. Aprendizagem significativa é a aprendizagem com significado, ou seja, na base cognitiva do educando existe um conhecimento consolidado e significativo, chamado por Ausubel de subsunçor, e é com base nesse conhecimento que se deve trabalhar de modo que o aluno aprenda significativamente. Para alcançar este objetivo, será aplicado um questionário diagnóstico para mapear os conceitos que os alunos já sabem e posteriormente fazer uma ancoragem, ou seja, usar os subsunçores dos mesmos para que possa haver nova aprendizagem. O fato de o produto estar relacionado a circuitos elétricos ajudará no sentido de que a maioria dos alunos têm contato com aparelhos e circuitos eletrônicos e com isso, provavelmente, já tenham alguns subsunçores formados na sua estrutura cognitiva. Uma das condições que Moreira (2011, p.24) cita para que a aprendizagem significativa ocorra, é que “o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo”, ou seja, o conteúdo do material deve ser ligado a conhecimentos pré-existentes dos aprendizes. Levando este aspecto em consideração, será elaborada uma apostila, onde a teoria a ser aprendida, junto às atividades práticas, proporcionam ao aluno uma aprendizagem mais significativa possível.

Após ter falado da fundamentação pedagógica, em seguida, no Capítulo 3, será feita uma explanação teórica do assunto sobre circuitos elétricos e associação em série e paralelo de resistores. Será elaborada uma apostila pelo professor que ministra as aulas no terceiro ano do ensino médio, período em que, normalmente, é ministrado os assuntos sobre eletrodinâmica. A teoria será exposta de maneira mais aprofundada nesta seção, pois os conteúdos dos livros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) e distribuídos pelo governo, muitas vezes não são utilizados e, algumas vezes, os conteúdos são muito resumidos.

No Capítulo 4, será discutida a metodologia aplicada, que será a Sala de Aula Invertida, pois é uma metodologia ativa que põe o aluno como protagonista na construção do conhecimento, diferentemente do mero ensino tradicional. Segundo Studart (2019, p.12) “o modelo da Sala de Aula Invertida envolve a combinação de várias metodologias ativas para engajar os alunos na ensinagem”. Studart (*op. cit.*) simplifica o processo da sala de aula invertida em três partes:

1. **Antes da aula**, em que os alunos obtêm as informações por meio da leitura, vídeos, busca na *internet* entre outras coisas, e isto será feito através da leitura da apostila, gravações de vídeos, *You Tube*, *WhatsApp* e *Google Classroom*;
2. **Durante a aula**, onde os alunos discutem com o professor, tiram as dúvidas, resolvem problemas, realizam experimentos, etc;
3. **Depois da aula**, onde há reflexão sobre a aprendizagem, escrita de textos, ampliação da sua aprendizagem, etc.

Ainda na metodologia, será aplicada aos alunos a seguinte sequência didática:

1. Questionário diagnóstico com o objetivo de saber sobre os conhecimentos prévios dos alunos (subsunçores);
2. Explicação, aos alunos, sobre a metodologia que será usada na aplicação do produto educacional;
3. Utilizando a Sala de Aula Invertida, apresentação aos alunos dos conceitos de circuito, corrente, tensão, resistência, potência, uso do multímetro e *protoboard*.
4. Realização de experiências envolvendo resistores, diodos, multímetros, *protoboards* e fonte de alimentação variável.
5. Aplicação de um questionário final em que será feita uma análise estatística das respostas dos alunos para saber se houve alguma aprendizagem e sobre a percepção dos estudantes em relação à aceitação da metodologia.

No Capítulo 5, serão discutidos os resultados da aplicação do produto, ou seja, as dificuldades e facilidades que os aprendizes e professor tiveram. Serão analisados se os alunos conseguiram aprender os conteúdos significativamente e o que eles acharam da metodologia da Sala de Aula Invertida com relação ao ensino tradicional.

No Capítulo 6 serão feitas as considerações finais, onde explanaremos sobre a busca constante pela melhora de nossa prática pedagógica e da ajuda que este produto educacional oferece a professores, licenciandos e licenciados neste sentido. Por fim, orientaremos, como sugestão aos leitores deste trabalho, a continuação de pesquisas e a publicação de artigos na área do ensino de física de modo que possamos aperfeiçoar nosso fazer pedagógico dentro de nosso contexto social, histórico e cultural.

2. FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

Neste capítulo apresentaremos a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que afirma que existe um conhecimento específico e relevante na estrutura cognitiva dos estudantes chamado de subsunçor. Também falaremos das diversas formas de aprendizagem significativa, dos conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa e das duas condições para que ocorra a aprendizagem significativa. Mencionaremos, também, o esquecimento e a importância da linguagem na aprendizagem significativa e em seguida explanaremos a teoria socioconstrutivista de Vigotski. Por fim, explicaremos o que é uma metodologia ativa, que considera o estudante atuante e protagonista na construção do próprio conhecimento, dando ênfase à sala de aula invertida.

2.1 - A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Muitos professores, atualmente, ainda usam o ensino mecânico em suas aulas, onde os alunos memorizam as informações e tentam reproduzi-las, sem fazerem nenhuma ligação com conhecimentos prévios nem com outros conhecimentos que fazem parte da sua estrutura cognitiva que é formada dentro de um contexto histórico, social e cultural. Este tipo de aprendizagem mecânica é literal, ou seja, não é um conhecimento específico e relevante para o aluno, pois não gerou um novo significado para o mesmo. Moreira (2011), define aprendizagem significativa como:

[...] aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2011, p.13).

Este conhecimento específico e relevante que existe na estrutura cognitiva do aprendiz, Ausubel (*apud* MOREIRA, p.14, 2011) chama de subsunçor ou ideia-âncora e pode ser uma imagem, modelo mental, um conceito, uma proposição, símbolo, etc. Um exemplo disto é quando um aluno, que já conhece Lei da Conservação da Energia Mecânica, aprende que a energia fornecida por uma bateria pode ser transformada em energia luminosa, como aconteceu no experimento com LED (*Light-Emitting Diode*- Diodo Emissor de Luz) realizado pelos alunos

do IFPB e localizado no Apêndice E da apostila, ou quando ele observa que a energia fornecida pela tomada pode ser transformada em energia térmica, como acontece nos chuveiros elétricos, o mesmo pode tirar a conclusão de que não há apenas Conservação da Energia Mecânica, mas também de outras formas de energia. Como podemos observar, houve uma mudança do subsunçor do aluno, em que ele relacionou o novo conhecimento (transformação da energia elétrica em outras formas de energia) com um conhecimento prévio relevante existente na sua estrutura cognitiva (Lei da Conservação da Energia Mecânica). Este mesmo aluno pode perceber que existe outras Leis de Conservação, como a Lei da Conservação do Momento, Lei da Conservação das Cargas Elétricas, ou seja, a cada aprendizagem significativa, o subsunçor vai ficando mais estável e diferenciado, o conhecimento fica mais amplo, ele consegue fazer ligações com outros conhecimentos.

Moreira (2011) fala sobre três formas de aprendizagem significativa:

Aprendizagem significativa superordenada, que é uma aprendizagem mais abrangente e geral de determinado conceito, ideia ou proposição, sendo menos comum de acontecer. Fazem parte desta forma de aprendizagem, processos de abstração, síntese, indução que subordinam os conhecimentos que lhes deram origem;

Aprendizagem significativa subordinada, em que o aprendiz consegue relacionar os novos conhecimentos com conhecimentos anteriores, ou seja, seus subsunçores;

Aprendizagem significativa combinatória, em que o significado não é adquirido pela interação com um subsunçor, mas com um conhecimento mais amplo, ou seja, quando o sujeito já tem uma *base cognitiva* abrangente em determinada área do conhecimento. Moreira (2011) define esta aprendizagem como:

[...] “uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos, já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específicas que os conhecimentos originais” (MOREIRA, 2011, p.37).

Se no exemplo citado acima, do aluno que aprendeu sobre a conservação de diversos tipos de energia, o mesmo observa que existe uma lei geral da conservação da energia, houve uma aprendizagem superordenada. Mas para chegar a essa conclusão ele teve várias aprendizagens subordinadas, por isso este tipo de aprendizagem é mais comum, pois depende de um conhecimento específico relevante no indivíduo, o subsunçor.

2.1.1 - Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

A principal e importante ideia na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, é o subsunçor, ou seja, conhecimento prévio não literal, específico e relevante que existe na estrutura cognitiva do aprendiz e que serve de ancoragem para a aprendizagem de novas informações. Este conhecimento pode ser “conceitual, procedimental ou atitudinal” (MOREIRA 2011, p.19). Moreira (2011) afirma que os subsunçores aos quais Ausubel se refere são mais declarativos, ou seja, conceituais e isso explica porque Ausubel se referia muitas vezes ao subsunçor como *conceito subsunçor*. Nas próprias palavras de Ausubel (2000), esta afirmação fica clara:

Os conceitos constituem um aspecto importante da teoria da assimilação, pois a compreensão e a resolução significativa de problemas dependem amplamente da disponibilidade quer de conceitos subordinantes (na aquisição conceptual por subsunção), quer de conceitos subordinados (na aquisição conceptual subordinante), na estrutura cognitiva do aprendiz. Também é evidente que (1) os seres humanos interpretam experiências perceptuais ‘em bruto’ em termos de conceitos particulares nas suas estruturas cognitivas e (2) que os conceitos constituem os alicerces quer para a aprendizagem por recepção significativa de proposições declarativas, quer para a criação de proposições significativas para a resolução de problemas (AUSUBEL, 2000, p.2).

Moreira (2011) afirma que a expressão de *conceito subsunçor* é inadequada para os dias atuais, visto que a definição de subsunçor é bem mais ampla que apenas conceito, a expressão mais adequada é de “um conhecimento prévio especificamente relevante para uma nova aprendizagem” (MOREIRA 2011, p.19).

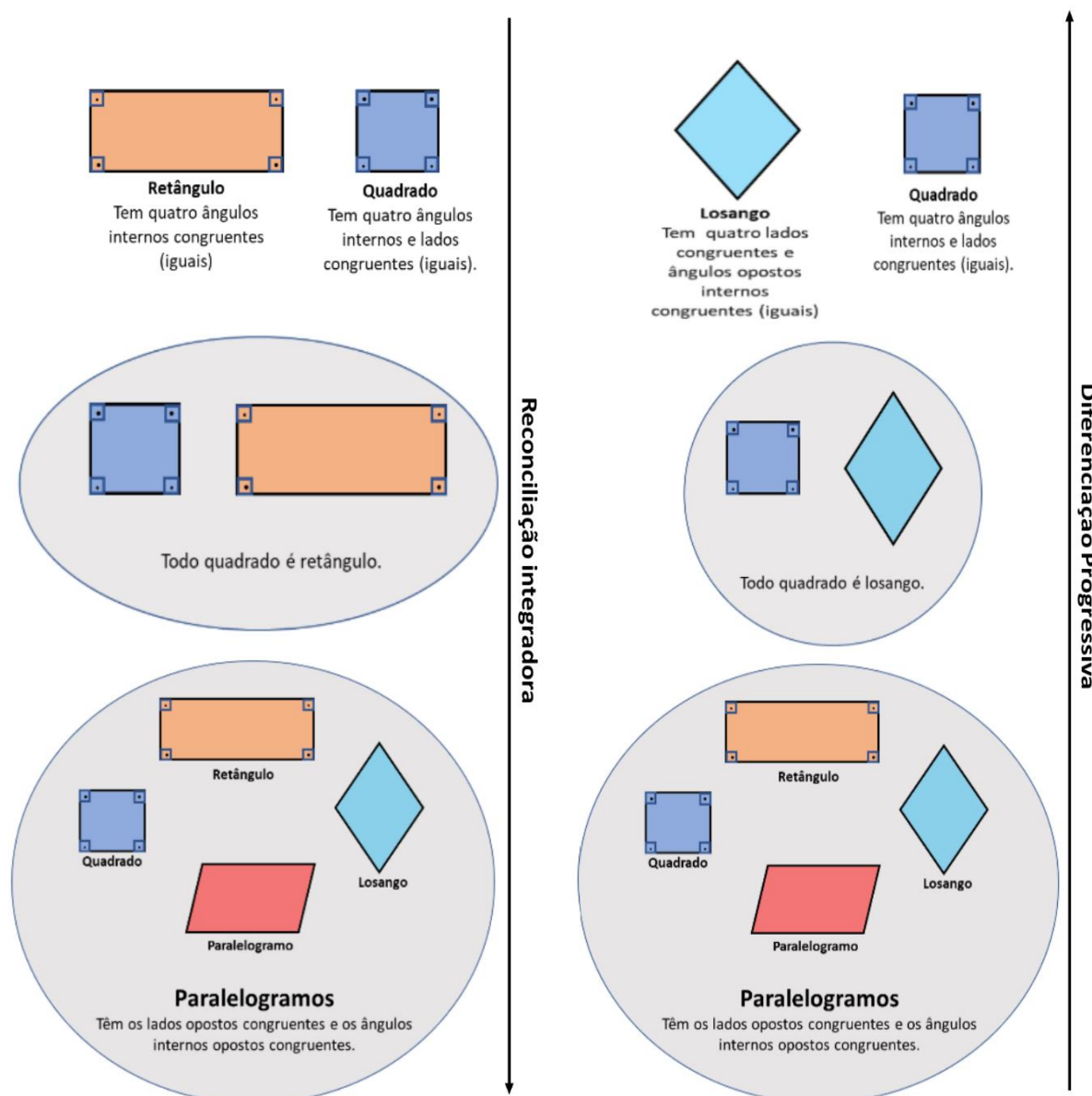
Embora o subsunçor nos cause a impressão de ser um conhecimento estático, a realidade é que ele é bem dinâmico, pois tem uma hierarquia na nossa estrutura cognitiva, podendo ser mais subordinado a outro, ou mudar de posição, como numa aprendizagem superordenada. Em determinada área de conhecimento, pode ser mais importante do que em outra área e, a cada aprendizagem significativa, há uma modificação do subsunçor, tornando-o mais amplo, estável e com possibilidades de fazer novas ligações com novos conhecimentos. Levando em conta dinâmica dos subsunçores, podemos caracterizar dois processos que ocorrem em uma estrutura cognitiva:

Diferenciação progressiva: ocorre quando um novo conhecimento interage com um subsunçor que serve como âncora para a aprendizagem desse novo conhecimento, tornando o subsunçor mais amplo, estável e diferenciado. Podemos citar, como exemplo, um aluno que tem como subsunçor o conhecimento de que um chuveiro elétrico tem resistência elétrica. Depois ele aprende que, além do chuveiro, o ferro de passar roupas, componentes eletroeletrônicos e outros dispositivos também possuem resistência. Como podemos observar no exemplo, o subsunçor ficou cada vez mais amplo, consistente, estável e diferenciado. Nas palavras de Moreira (2011, p.20), diferenciação progressiva “é o processo de atribuição de novos significados a um dado a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo), resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos”.

Reconciliação integrativa ou integradora: acontece quando há uma integração dos novos conhecimentos nos subsunçores. Vamos voltar ao exemplo do aluno que diferenciou progressivamente o conhecimento de que, além do chuveiro elétrico, outros dispositivos e componentes eletroeletrônicos também possuem resistência elétrica. Quando este aluno consegue integrar os conhecimentos, observando que tudo tem resistência elétrica a uma temperatura ambiente, houve uma reconciliação integrativa ou integradora. Moreira (*op. cit.*, p.22) define reconciliação integrativa como “um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações”.

A reconciliação integrativa acontece simultaneamente com a diferenciação progressiva, pois se só houvesse a diferenciação progressiva, todos os novos conhecimentos ficariam diferenciados, e se apenas existisse a reconciliação integradora, todo conhecimento se tornaria um só. Então, conforme Moreira (2011) afirmou, a dinâmica da interação entre a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora ocorre em nossa estrutura cognitiva ao mesmo tempo, aumentando nossos conhecimentos através da aprendizagem significativa.

Figura 2.1- Exemplo de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.



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

Na Figura 2.1, temos um exemplo do que pode ser uma diferenciação progressiva e uma reconciliação integradora. Se supormos que o aprendiz já tenha como subsunçor o conceito de figuras geométricas (quadriláteros, triângulos, etc) e ângulos, ele pode aprender que o retângulo é um quadrilátero com quatro ângulos internos congruentes iguais a 90° e o quadrado é um quadrilátero com quatro lados congruentes e quatro ângulos internos congruentes iguais a 90° , houve uma diferenciação progressiva. Quando ele observa que, pelo conceito de retângulo, todo quadrado é retângulo, houve uma reconciliação integradora. O mesmo acontece com os conceitos de losango e quadrado. Prosseguindo, ele agora aprende o conceito de paralelogramo, que

é um quadrilátero cujos lados opostos são congruentes e ângulos internos opostos são congruentes, houve também nesta análise uma diferenciação progressiva. No momento em que ele observa que o losango, retângulo e quadrado se encaixam no mesmo conceito de paralelogramo, e que todo retângulo, losango e quadrado são paralelogramos, ocorreu também reconciliação integrativa.

2.1.2 - Condições para a aprendizagem significativa

Praticamente, existem duas condições para a aprendizagem significativa:

1- O material tem que ser potencialmente significativo: isto significa dizer que o conteúdo do material (apostilas, livros, aplicativos, etc) nele contido tem que interagir de maneira não-arbitrária e não-literal com o conhecimento prévio, específico e relevante do aluno (subsunçor). Não podemos falar de material significativo, mas em potencialmente significativo, pois o significado está nas pessoas, não nos materiais. Nas palavras de Ausubel (2000):

A aprendizagem por recepção significativa envolve principalmente a aquisição de novos significados do material de aprendizagem apresentado. Requer tanto um conjunto de aprendizagem significativa quanto a apresentação de material potencialmente significativo para o aluno. A última condição, por sua vez, pressupõe (1) que o próprio material de aprendizagem pode ser não arbitrariamente (de forma plausível, sensata e não aleatória) e não verbalmente relacionado a qualquer estrutura cognitiva relevante (ou seja, possui significado "lógico") e (2) que a estrutura cognitiva de um determinado aluno contém ideias ancoradas relevantes às quais o novo material pode ser relacionado. (AUSUBEL, 2000, p.1).

2- O aprendiz tem que apresentar predisposição para aprender: significa que o aprendiz tem que querer relacionar o novo conhecimento que se quer aprender, de maneira não-arbitrária e não-literal, com seu subsunçor. Esta condição é mais difícil de se atingir principalmente nos tempos hodiernos, pois cada vez mais crianças, jovens e adultos usam as tecnologias de maneira errada. O uso exagerado de telas está fazendo com que a juventude de hoje tenha um QI menor do que o de gerações passadas (DESMURGET, 2021). Os jovens, acostumados a ver vídeos curtos e a ter acesso a informações a qualquer momento, estão cada vez menos empenhados em leituras reflexivas e mais longas. Michael Desmurget, pesquisador e escritor francês especializado em neurociência cognitiva, afirma que “o impacto negativo do uso do *smartphone* se exprime com clareza no desempenho escolar: quanto maior o consumo,

mais os resultados despençam” (DESMURGET, 2021, p.19). Podemos concluir que, se não houver uma predisposição do aprendiz para querer aprender significativamente, mesmo sendo o material potencialmente significativo, não ocorrerá aprendizagem significativa.

2.1.3 - Esquecimento na aprendizagem significativa

Como a interação hierárquica de subsunçores é dinâmica, pode haver, também, esquecimento de informações. Este esquecimento é natural e ocorre porque há uma perda progressiva da dissociabilidade dos subsunçores (Moreira, 2011). Consideremos que um indivíduo tenha um subsunçor **S** que interage com uma informação **I**, se houver aprendizagem significativa, o subsunçor se tornará **S'I'** podendo se dissociar em **S' + I'**. Se passarmos muito tempo sem revisarmos os conteúdos aprendidos, ou seja, sem reforçarmos o subsunçor, este conhecimento se oblitera em **S'**. O que ocorreu não foi uma perda da informação **I'**, pois essa informação obliterou, desapareceu pouco a pouco em **S'**. Houve um esquecimento de **I'**, mas a informação faz parte do novo subsunçor **S'**. Diferentemente da aprendizagem mecânica, em que o aluno esquece a informação completamente, na aprendizagem significativa, a informação faz parte do novo subsunçor de modo que, se entrarmos em contato com a mesma informação aprendida significativamente, facilmente lembraremos. Quando nós, professores, passamos muito tempo sem ministrar determinados conteúdos, passamos por um esquecimento das informações que facilmente são lembrados se houve uma aprendizagem significativa.

2.1.4 - A Importância da linguagem na aprendizagem significativa

Nas palavras de Moreira (2011), Gowin (1981) considera a ocorrência de um episódio de ensino e aprendizagem como um compartilhamento de significados que acontece numa relação triática entre professor, material educativo e aprendiz. Anterior à aprendizagem significativa, tem que ocorrer uma negociação e captação de significados que se dá através da utilização da linguagem numa interação social. Sem o uso da linguagem, não há ensino e, conseqüentemente, não há aprendizagem significativa.

Vigotski foi um grande teórico que estudou a importância da linguagem na aprendizagem. Estudando as ideias de Wolfgang Köhler e Robert Yerkes, Vigotski defendia

que o ser humano se diferencia dos animais por construir uma estrutura mental própria que não tem origem na sua estrutura genética, e sim na interação sociocultural que é construída na sua filogênese (evolução das espécies segundo a doutrina do transformismo) e transferida, na ontogênese (processo evolutivo acerca das alterações biológicas sofridas pelo indivíduo, desde o seu nascimento, até seu desenvolvimento final) humana, através da palavra e mediada pela linguagem, ou seja, toda nossa estrutura mental superior é construída pela interação social, cultural e histórica do meio em que vivemos. Gaspar afirma que:

[...] ao longo da sua filogênese – ou seja, da história da sua civilização -, o ser humano construiu um imenso acervo cultural que é contínua e parcialmente reconstruído na mente de cada indivíduo dessa civilização. Em outras palavras, as conquistas da espécie humana ao longo de sua filogênese são, - ou precisam ser – transferidas a cada indivíduo durante a sua ontogênese.

Segundo Vigotski, o que nos diferenciou dos animais e possibilitou a construção desse enorme acervo foi a criação da palavra – som com significado – e da linguagem – estrutura lógica de palavras que possibilita a comunicação entre os indivíduos (GASPAR, 2014, pp. 89-90).

Para Vigotski, é o uso da palavra e da linguagem que diferencia o homem dos outros animais. O documentário “Origem da Linguagem” mostra a busca de uma explicação do momento histórico em que surgiu a linguagem nos seres humanos.

2.2 - RESUMO DA TEORIA CONSTRUTIVISTA DE VIGOTSKI

Conforme citado na sessão anterior, Vigotski observou que as funções mentais superiores são desenvolvidas através da interação social, histórica e cultural do indivíduo com o meio. Mas como se desenvolve tais processos? Como podemos usar esses conhecimentos na aplicação de um produto educacional que poderá ser utilizado por outros professores com relativo sucesso? Para respondermos a tais perguntas, precisamos conhecer um pouco sobre a Teoria de Vigotski.

Para Vigotski, os processos mentais superiores são os pensamentos, a linguagem e o comportamento volitivo (materialização do comportamento através de seus atos) e têm origem em processos sociais. Mas como os processos sociais originam as funções mentais superiores? Vigotski afirma que as relações sociais se transformam em funções mentais através da mediação

que ocorre por meio do uso de instrumentos e signos que acontece entre o ser humano e o meio social em que ele vive. Driscoll fala que:

Segundo Vygotski, os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento volitivo) têm origem em processos sociais; o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social. Contudo não se trata apenas de considerar o meio social como uma variável importante no desenvolvimento cognitivo. Para ele o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais. Não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo se torna capaz de socializar: é por meio da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores (DRISCOLL, 1995, p.229 *apud* MOREIRA, 2023, p.88).

Segundo Moreira (2023), “instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; o signo é algo que significa alguma outra coisa” (MOREIRA, 2023, p.88). As relações sociais não são transformadas em funções mentais diretamente, mas são mediadas através do uso de signos e instrumentos. Moreira (2023) apresenta três tipos de signos:

1) **Indicadores:** são signos que transmitem uma relação de causa e efeito. Exemplo: A frase: onde há fumaça existe fogo.

2) **Ícônicos:** são imagens ou desenhos que transmite a ideia daquilo que significam. Exemplos: o ícone “lixeira” que nós usamos em nossos computadores. O desenho de estacionamento apenas para idosos.

3) **Simbólicos:** são os que têm uma relação abstrata com aquilo que significam. Exemplo: palavras, números.

Os instrumentos mediam a relação dos seres humanos com o ambiente e os signos mediam a relação dos seres humanos entre eles mesmos. Nós somos a única espécie que conseguiu dominar e modificar a natureza através desses dois mediadores. O ser humano transcende a sua existência através da linguagem tornando as funções mentais mais complexas possíveis. Para Vigotski, é a linguagem o mais importante sistema de signos, pois nos permite transcender o aqui e agora, ou seja, os vínculos contextuais imediatos. Atualmente se tem muitos estudos, mas ainda não se tem uma conclusão exata do momento em que nos tornamos humanos, ou seja, a descoberta do elo perdido. Pino (2005), citando o trabalho de Wallon (1942:

pp. 78-88) sobre a comparação de comportamentos de crianças e macacos da mesma idade e submetidos ao mesmo tipo de provas cuja a solução prática exige o uso de instrumentos, afirma que “de forma geral, esses trabalhos salientavam a desvantagem da criança em relação ao símio até o momento de constituição da fala” (PINO, 2005, p.44), ou seja, a linguagem confere aos seres humanos uma perspectiva diferente à de outras espécies permitindo que os mesmos transcendam o próprio significado do viver.

2.2.1 - Significados e zona de desenvolvimento proximal

Os signos têm significados que são construídos socialmente. Cada povo tem sua cultura e seus sistemas de signos com determinados significados. O significado de um signo, para um determinado povo, pode ter outros significados em outras regiões com culturas diferentes. Esse aspecto é muito importante e deve ser observado na aplicação do produto educacional, pois os alunos vêm de contextos sociais diferentes e com conceitos formados que não estão dentro do paradigma científico. Para colocar essa ideia em prática, precisamos conhecer outro conceito chamado Zona de Desenvolvimento Proximal. Vigotski (2007) define zona de desenvolvimento proximal como:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto em colaboração com companheiros mais capazes” (VIGOTSKI, 2007, p.97).

Nas palavras de Moreira (1999), Vigotski define zona de desenvolvimento proximal como a diferença entre o que o sujeito é capaz de fazer por si só e o que pode fazer com a ajuda dos outros.

A aprendizagem ocorre através de interações entre sujeitos dentro de contextos sociais, históricos e culturais diversos, e o ensino permite a transcendência do ser, tornando mais ampla suas funções mentais. Então o produto educacional tem que ser elaborado levando em conta a zona de desenvolvimento proximal dos alunos de maneira que os mesmos possam construir os conhecimentos científicos e tecnológicos para que possam atuar no desenvolvimento do meio

social em que vivem. Não apenas repetindo o que foi ensinado, mas compreendendo e aplicando seus conhecimentos na mudança da sociedade, e é isto o que nos torna humanos.

2.3 - METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO

A educação passa por grandes desafios no mundo contemporâneo. O avanço cada vez mais veloz da tecnologia, as diferentes realidades socioculturais dos alunos e a desvalorização econômica, social e cultural da educação do ensino fundamental até o superior constituem um grande desafio para o educador e diferentes instituições de ensino. É preciso, frequentemente, que repensemos nossos métodos de ensino e aprendizagem nos ambientes de educação. Devido a essas grandes transformações da educação, as metodologias ativas estão alinhadas com estes grandes desafios educacionais contemporâneos. Sefton e Galini (2023) entendem metodologias ativas como:

[...] as intencionalidades educacionais e as estratégias pedagógicas, que por sua vez, priorizam o/a estudante não só no centro do processo, como também atuante e protagonista da sua experiência educativa, com o propósito de gerar um cenário de ensino-aprendizagem mais significativo, eficiente e eficaz (SEFTON e GALINI, 2023, p.15).

As ideias de alguns teóricos da educação citados anteriormente e desenvolvidos no século passado convergem para o uso de metodologias ativas. Vigotski (1896 – 1934), em sua teoria socioconstrutivista, acredita que o homem é produto do meio social, histórico e cultural e que suas funções mentais superiores têm origem em processos sociais por meio do uso de instrumentos e signos, sendo a linguagem o mais importante sistema de signos utilizados pelo homem. Ausubel (*apud* MOREIRA, 2011), em sua teoria da aprendizagem significativa, fala que a aprendizagem só acontece quando há uma interação de maneira substantiva e não arbitrária das ideias expressas simbolicamente com as ideias relevantes que existem na estrutura cognitiva do aprendiz chamadas de subsunçores. Ausubel também fala que para que ocorra a aprendizagem significativa o aprendiz tem que querer aprender e o material proposto ao aluno tem que ser potencialmente significativo. Dewey (1859 – 1952) acreditava que a aprendizagem ocorria, não através de mera transmissão do conhecimento, que considera o aprendiz um mero receptor de informações, mas que os alunos aprendem refletindo, explorando e fazendo na

prática aquilo pelos quais ele quer aprender. Ele defendia a abordagem prática e experimental da aprendizagem, ou seja, “[...] engloba a reflexão e a ação, a experimentação, a resolução de problemas bem como propostas significativas e a interação com conhecimentos prévios que o/a estudante seja incentivado a compartilhar” (SEFTON e GALINI, p.16).

Todas as ideias citadas no parágrafo anterior de alguns estudiosos da educação convergem para metodologias ativas de modo que o aprendiz participe de maneira ativa no seu aprendizado contínuo e constante para que possa atuar no desenvolvimento da sociedade com suas habilidades e competências adquiridas através dessas metodologias. Mas para que esse processo de ensino e aprendizagem ocorra, temos que vencer os paradigmas adotados há muitos anos atrás pelas instituições sociais educacionais e pela própria sociedade em si.

2.3.1 - Mudança de paradigma

Paradigma, segundo o Dicionário *Online* de Português, significa um exemplo ou padrão a ser seguido, padrão já estabelecido, ou seja, um padrão estabelecido que foi criado dentro de um contexto social, histórico e cultural de determinada época. O paradigma adotado no modelo de ensino e aprendizagem educacional, chamado modelo tradicional, foi formado a séculos atrás e sofre resistência a mudanças tanto pelas instituições sociais como pela própria sociedade. Toda grande mudança leva um tempo para começar a ser praticada e o ensino tradicional começou a ser utilizada a muito tempo atrás causando uma certa resistência para a mudança do paradigma do ensino tradicional para o da aprendizagem significativa. As novas tecnologias estão fazendo com que os alunos fiquem cada vez menos interessados nesse tipo de modelo passivo que funciona como repositório de informações, muitas vezes desconexo da realidade do aprendiz. É preciso que haja uma mudança de paradigma para um modelo que priorize o uso de metodologias ativas, pois consideram o aprendiz como o centro do processo do ensino e aprendizagem e, quando levamos isso em conta, as várias teorias de aprendizagem significativa se condensam em metodologias ativas de ensino. Então como poderemos agir no sentido da mudança do paradigma? Veremos no próximo parágrafo.

Para que haja uma mudança de paradigma Sefton e Galini (2023) citam alguns procedimentos que precisam ser adotados pelas instituições de ensino e pela sociedade como um todo. Um dos procedimentos é a valorização dos professores, oferecendo-lhes melhores ambientes de atuação e acesso à qualificação por meio de cursos de formação continuada. Colocar o estudante, realmente, como centro de toda e qualquer ação educativa. Criar ambientes

de modo que o estudante tenha condições de usar sua criatividade e ao mesmo tempo desenvolver novas habilidades e competências. Enquanto professor, pensar e repensar a própria pedagogia. Investimentos em infraestrutura tecnológica, materiais didáticos atualizados e recursos educacionais adequados, o que nem sempre está disponível nas instituições. Mudanças no modelo curricular e nas metodologias de ensino. Como podemos observar, todas as ações citadas acima, no sentido de uma mudança mais ampla do paradigma, demandam tempo e planejamento. A avaliação e acompanhamento é importante para monitorar as mudanças e fazer os ajustes necessários ao longo da implementação de todo o processo.

Moran (2015) apresenta algumas formas da educação formal se adaptar às mudanças da sociedade e garantir que os alunos desenvolvam competências para construir seus projetos de vida e conviver com os outros. A adoção de metodologias ativas como o ensino por projetos e a sala de aula invertida, integração entre diferentes disciplinas e áreas do conhecimento por meio de projetos interdisciplinares, aprendizagem baseada em desafios, foco no aluno e integração com a comunidade constituem alguns exemplos citados por Moran (*op. cit.*).

A inércia em se mudar as formas de ensino tradicional para a aprendizagem significativa ocorre devido ao medo, perda de controle e mudanças de rotinas que muitos professores, gestores e alunos vão ter que estabelecer para que haja um ensino e aprendizagem cujo centro seja o aluno.

Como vimos acima, existem inúmeros desafios a serem vencidos de modo que o ensino e a aprendizagem sejam prazerosos tanto para professores como para os alunos. Utilizamos também uma metodologia ativa aplicada no ambiente de estudo que foi a sala de aula invertida a qual falaremos no próximo item.

2.3.2 - Sala de aula invertida

Imagine-se em um ambiente de estudos em que o professor disponibiliza textos, vídeos e materiais potencialmente significativos formando toda uma estrutura de apoio ao estudante e, após utilizarmos esses meios disponibilizados para nosso aprendizado, tirarmos nossas dúvidas com ele. Esse processo se chama sala de aula invertida, ou seja, invertemos a ordem da aprendizagem. Primeiro estudamos pelos materiais e recursos disponíveis e apresentados pelo professor e depois tiramos nossas dúvidas. O professor existe como um mediador e planejador do processo. Sefton e Galini (2023), entende que a sala de aula invertida:

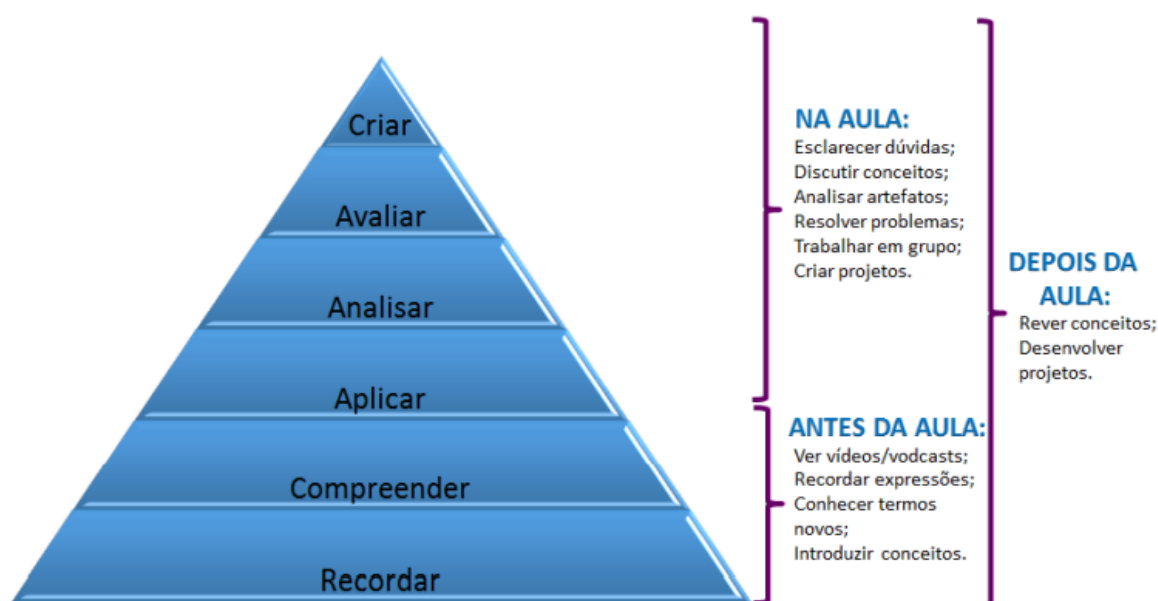
[...] propõe inverter, propriamente, as formas de realizar ou apresentar atividades, bem como responsáveis pelas etapas, com o objetivo de estimular o interesse, a descoberta, o compartilhamento, e descentralizar a explicação/produção do conteúdo. A ideia central da sala de aula invertida é que a explicação do conteúdo vem antes, buscada/criada pelo/a estudante, muitas vezes de forma remota (sob a perspectiva de ensino híbrido), e durante a aula são realizadas as atividades que permitem consolidar a aprendizagem (SEFTON e GALINI, 2023, p.90).

Bergmann e Sams (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 defina 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” (BERGMANN e SAMS, 2021, 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 Teixeira (2013), cuja função é “auxiliar na planificação, organização e controle dos objetivos de aprendizagem” (TEIXEIRA, 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 citado na figura 2.2 abaixo.

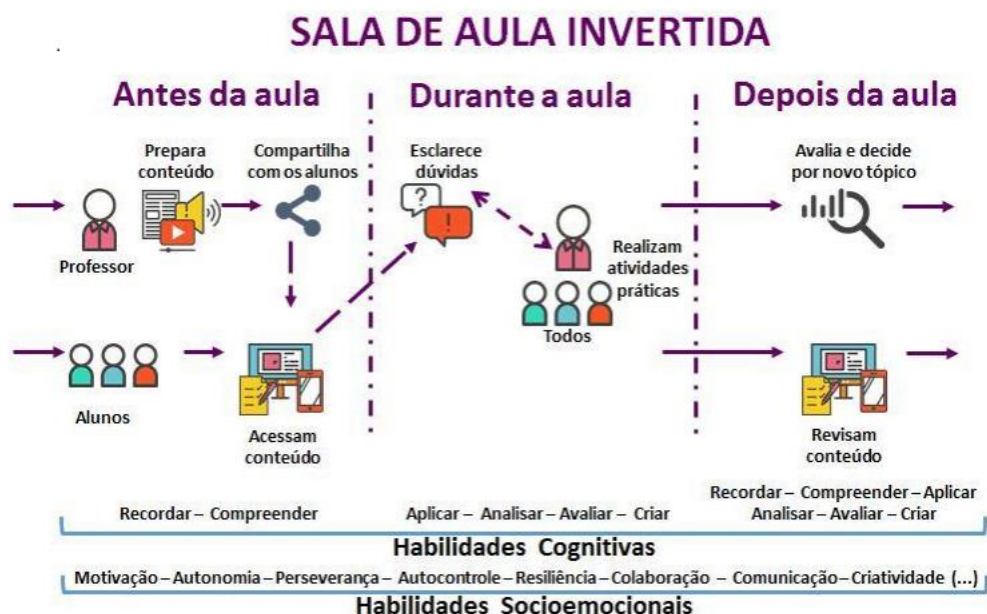
Figura 2.2 – Pirâmide hierárquica da Taxonomia de Bloom.



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

Schmitz (*op. cit.*) resume a sala de aula invertida por meio da Figura 2.3, 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 2.3 – Modelo de sala de aula invertida usando as seis categorias da Pirâmide hierárquica da Taxonomia de Bloom.



Fonte: Schmitiz (2016, p.67)

2.4 – O PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Dantas e Massoni (2022) fala, na apresentação do livro *Avaliação no Ensino de Ciências: Práticas docentes e “escuta” a professores*, que “a aprendizagem atravessa todos os segmentos organizacionais do funcionamento escolar, e ao pensarmos em novas alternativas para o ensino de ciências é preciso refletir e planejar as formas de avaliação” (DANTAS e MASSONI, p.9, 2022). A avaliação tem que ocorrer sobre a aprendizagem do aluno, porém, o que vemos é a expectativa de os alunos obterem notas que comprovem êxito escolar tornando a avaliação seletiva e classificatória, deixando de lado a avaliação das aprendizagens. Existem documentos oficiais e escolares que orientam o processo avaliativo, tais documentos também evoluíram com o passar do tempo passando de uma avaliação tradicional para uma avaliação contínua, processual e qualificativa. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB 5.672/71 em seu Artigo 14, parágrafo 1º, afirma que “Na avaliação do aproveitamento, *a ser expressa em notas ou menções*, preponderarão os aspectos qualitativos sobre os quantitativos e os resultados obtidos durante o período letivo sobre os da prova final, caso esta seja exigida” (BRASIL, 1971). Observamos que houve uma evolução na orientação do processo avaliativo na LDB

9394/96, que *privilegia a avaliação contínua, processual e qualitativa* (DANTAS e MASSONI, 2022), conforme podemos observar no Artigo 24, Inciso V, Alínea *a*, que diz que a avaliação do rendimento escolar deve ser “*contínua e cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos*” (BRASIL, 1996). Dantas e Massoni (2022) faz uma tabela com certas frases-sínteses que mostram uma evolução na orientação do processo de avaliação em alguns documentos oficiais (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Algumas frases-sínteses mostrando a evolução na orientação dos processos de avaliação em alguns documentos oficiais

A LDB 9.394/96 (BRASIL, 1996) no Art 24º estabelece que o rendimento do aluno deverá ser avaliado contínua e cumulativamente prevalecendo os aspectos qualitativos sobre os quantitativos e classificatórios. Estabelece também que os resultados obtidos pelo estudante ao longo do percurso sejam considerados mais importantes que as provas finais.
As DCNEB (BRASIL, 2010 ^a , p.75) estabelecem que “ <i>A avaliação da aprendizagem no Ensino Fundamental e no Ensino Médio, de caráter formativo predominando sobre o quantitativo e classificatório, adota uma estratégia de progresso individual e contínuo que favorece o crescimento do educando, preservando a qualidade necessária para sua formação escolar, sendo organizada de acordo com regras comuns a essas duas etapas</i> ”.
As DCNEF (BRASIL, 2010b) estabelecem que a avaliação formativa deve procurar diagnosticar as potencialidades do aluno e detectar problemas de aprendizagem e de ensino. Segundo esta diretriz, a avaliação contínua pode assumir várias formas (observação e o registro das atividades dos alunos, trabalhos individuais, organizados ou não em portfólios, trabalhos coletivos, exercícios em classe e provas, dentre outros.

Fonte: Dantas e Massoni (2022, p.23)

Embora avaliar seja extremamente complexo, devido à nossa configuração social, que aprendeu ao longo do tempo que uma nota certifica o aprendizado do aluno, devemos sempre otimizar as avaliações e para isso é preciso analisar, observar e elaborar novas formas avaliativas levando em conta a individualidade de cada aluno dentro do seu contexto social, histórico, cultural e econômico. Tarefa extremamente difícil em salas com grande quantidade

de alunos, pouco investimento governamental em educação e professores com diferentes visões sobre a avaliação.

No próximo capítulo, abordaremos a fundamentação teórica, onde alguns conceitos de eletrodinâmica serão trabalhados.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estudo de circuitos elétricos é de extrema importância no nosso cotidiano, pois um circuito permite que cargas transportem energia de um ponto a outro, transformando a energia potencial em outras formas de energia como a térmica, sonora, motora entre outras. O entendimento desses conceitos facilita os alunos na ACT (Alfabetização Científica e Tecnológica), uma vez que aparelhos eletroeletrônicos funcionam por meio de circuitos. A ACT promove a democratização do conhecimento, pois devido à nossa configuração social brasileira, ainda existem muitas pessoas vivendo abaixo da linha de pobreza e não têm acesso à uma educação de qualidade e nem aos meios tecnológicos disponíveis na nossa sociedade. Então a escola, como ambiente formal de ensino, deve prover tais meios de modo que a Alfabetização Científica e Tecnológica alcance a todos. Branco, *et al.* (2018, p.705) afirma que “segundo Auler e Delizoicov (2001), a AC abarca um espectro amplo de significados traduzidos por expressões como popularização da Ciência, divulgação científica, entendimento público e democratização”. Mas para entendermos os circuitos elétricos temos que ter em mente os conceitos de corrente, resistência e tensão. Após abordarmos estes conceitos citados acima, analisaremos circuitos com corrente contínua usando a Lei de Ohm, associação em série e paralelo de resistores. Este será nosso objetivo neste capítulo.

3.1 – CARGA ELÉTRICA, CAMPO ELÉTRICO, ENERGIA POTENCIAL E POTENCIAL ELÉTRICOS

Neste item, explicaremos alguns conceitos básicos sobre a eletrostática, estudo dos fenômenos elétricos relacionados às cargas elétricas em repouso. O entendimento desses conceitos é de extrema importância, pois correlacionaremos com algumas grandezas da eletrodinâmica que abordaremos posteriormente.

3.1.1 – Carga elétrica

Por volta do século VI a.C, os gregos descobriram que atritando um pedaço de lã com o âmbar, resina sólida fossilizada das árvores, este adquiria a propriedade de atrair outros objetos. Âmbar, em grego, se escreve *elektron*, de onde originaram-se as palavras carga elétrica, elétron, eletricidade e etc. Os gregos também observaram que alguns objetos se atraíam ou se

repeliam depois de atritados com o âmbar. Halliday, Resnick, Krane (2017), explicando o atrito entre um pente e o fio de cabelo e o fato deles se atraírem e depois ficarem neutros quando entrado em contato, afirma que há uma entidade física que passa do pente para o fio de cabelo e posteriormente retorna deste para aquele. A essa entidade chamou-se *carga elétrica*. Segundo Halliday, Resnick, Krane (2017):

Parece razoável concluir que a atração entre o pente e o fio de cabelo é o resultado de alguma entidade física que estaria sendo transferida de um para outro quando são mutuamente esfregados, com a mesma entidade física sendo transferida de volta para neutralizar a atração quando estes entram em contato. Esta entidade física é chamada de *carga elétrica*, e atualmente esta transferência é compreendida baseada no fato de que os elétrons podem ser removidos dos átomos de um objeto e ligados aos átomos de outros objetos (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2017, p.2).

Essa carga elétrica que torna dois corpos, que foram atritados e estão se atraindo, em um corpo neutro quando posto em contato e o fato de existirem forças de atração e repulsão, fez os cientistas imaginarem que existiriam dois tipos de cargas elétricas. Foi apenas em meados do século XVIII que Benjamin Franklin (1706 – 1790) sugeriu denominar os dois tipos de cargas como negativa e positiva (Young e Freedman, 2009). Observemos a Figura 3.1.

Figura 3.1- Atrito de um pente com fios de cabelos. (a) O pente, quando atritado com fios de cabelo, recebe elétrons destes ficando carregado negativamente e os fios de cabelo positivamente. (b) Quando colocado em contato, os elétrons são transferidos do pente para os fios de cabelo. (c) Pente e fios de cabelo neutros após o contato.



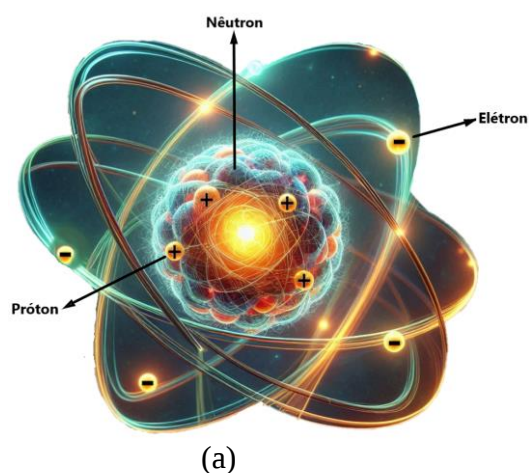
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

A Figura 3.1 mostra fios de cabelo e um pente. Quando atritamos o pente aos fios de cabelo, elétrons saem dos fios de cabelo deixando-os com um déficit de cargas negativas, ficando carregados positivamente, e vão para o pente deixando-o com excesso de cargas negativas ficando carregado negativamente (Figura 3.1(a)). O pente e o fio de cabelo mantêm força de atração por possuírem excessos de cargas opostas. Quando colocados em contato, depois de um certo intervalo de tempo, os elétrons retornam do pente para os fios de cabelo (Figura 3.1(b)), tornando-os neutros (Figura 3.1(c)).

3.1.1.1 – Origem e quantização das cargas elétricas

As cargas elétricas se originam de partículas elementares que constituem os átomos. Os átomos são constituídos de elétrons, prótons e neutros. Foi convencionado que os elétrons teriam carga negativa e os prótons, carga positiva, conforme o modelo de Rutherford – Bohr mostrado na Figura 3.2.

Figura 3.2- Figura artística de um átomo segundo o modelo de Rutherford-Bohr e as respectivas cargas elétricas dos elétrons e prótons.



Carga elétrica elementar

$$\text{Elétron} \simeq -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Próton} \simeq 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

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

A carga elétrica passa de um corpo para outro, não de forma contínua, mas, de forma discreta, ou seja, a carga elétrica é quantizada tendo como valor elementar aproximadamente $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (Coulomb), representada por e . Qualquer valor de carga que se transfere de um corpo para o outro são múltiplos de e e é chamado de quantidade de carga elétrica, podendo ser calculada pela equação

$$q = n.e, \quad (3.1)$$

onde q é a quantidade de carga elétrica em Coulomb (C), n é um número inteiro sem o zero e e é o valor da carga elétrica elementar (negativo para elétrons e positiva para prótons). Quando, por um processo de eletrização, um corpo neutro A transfere n elétrons para outro corpo neutro B , este fica com carga $-n.e$ e aquele com carga $+n.e$. Este conceito de quantidade de carga elétrica é importante para o entendimento do conceito de corrente elétrica, abordado no item 3.2.

3.1.2 – Campo elétrico

Quando colocamos uma carga de prova positiva $+q$ a uma certa distância d de uma carga q_1 , entre essas duas cargas irá haver uma força de atração ou repulsão se q_1 e q tiverem sinais contrários ou o mesmo sinal, respectivamente. A pergunta é: como pode a carga q sentir a presença da carga q_1 , e vice-versa, se estão a uma certa distância d uma da outra? A resposta é: através do campo elétrico. Vamos fazer uma analogia com o campo gravitacional gerado pela Terra (Figura 3.3). Quando colocamos um corpo de massa m a uma certa distância d da Terra, o mesmo fica sujeito a uma força de atração

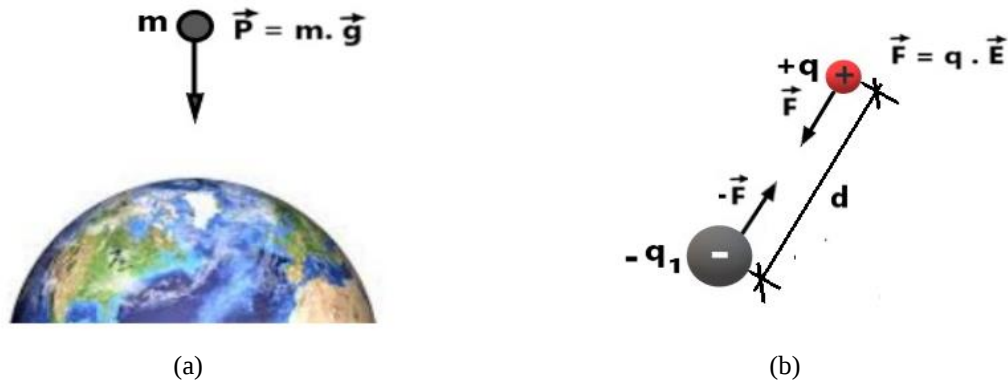
$$\vec{P} = m.\vec{g}, \quad (3.2)$$

cujo campo gravitacional podemos escrever como $\vec{g} = \vec{P}/m$, que tem o mesmo valor da aceleração gravitacional. Da mesma forma, quando colocamos uma carga de prova q a uma distância d de outra carga q_1 , q sente o campo elétrico $\vec{E}$ gerado por q_1 e fica sujeita a uma força elétrica

$$\vec{F} = q.\vec{E}, \quad (3.3)$$

cujo o campo pode ser calculado por $\vec{E} = \vec{F}/q$. A carga q_1 também fica sujeita a uma força $-\vec{F}$, que tem a mesma intensidade e direção, porém, sentidos opostos, devido à Terceira Lei de Newton, lei da ação e reação.

Figura 3.3- (a) Corpo de massa m , dentro de um campo gravitacional gerado pela Terra, sendo atraído por uma força $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$. (b) Carga de prova q positiva, dentro de um campo elétrico gerado por uma carga q_1 negativa, sujeita a uma força $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$.

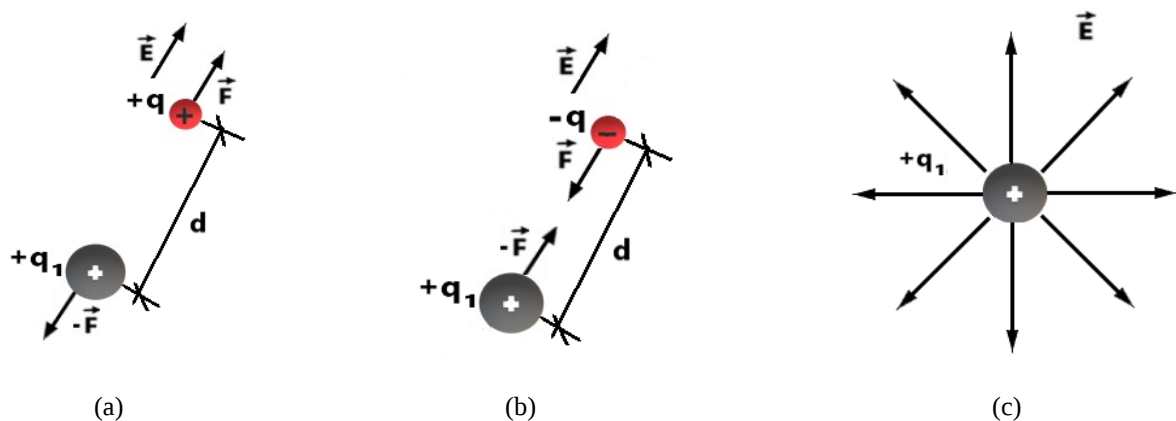


Fonte: Adaptado de Sousa, Planeta Terra (<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-planeta-terra.htm>)

3.1.2.1 – Direção e sentido do campo elétrico

Vamos considerar uma carga positiva $+q_1$ e uma carga de prova $+q$ colocada a uma distância d de $+q_1$. Como o campo elétrico é dado por $\vec{E} = \vec{F}/q$, $\vec{E}$ e $\vec{F}$ têm a mesma direção e sentido, pois $+q$ é positivo (Figura 3.4 (a)). Para uma carga de prova negativa $-q$, $\vec{E}$ e $\vec{F}$ têm a mesma direção, mas sentidos opostos (Figura 3.4 (b)). Usando o conceito de linhas de campo, podemos então concluir que uma carga positiva $+q_1$ gera linhas de campo de direção radial e de afastamento (Figura 3.4 (c)).

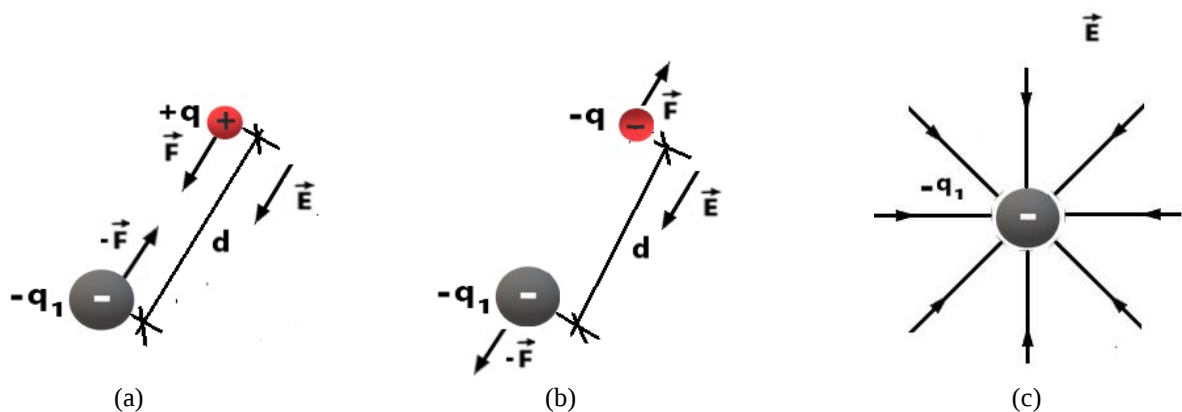
Figura 3.4 – Vetor campo elétrico gerado por uma carga positiva isolada. (a) Vetor campo elétrico $\vec{E}$ tem a mesma direção e sentido da força $\vec{F}$. (b) Vetor campo elétrico $\vec{E}$ tem a mesma direção e sentido oposto ao da força $\vec{F}$. (c) Linhas de campo de afastamento geradas por uma carga positiva $+q_1$.



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

Considere uma carga $+q$ a uma distância d de uma carga geradora $-q_1$. Esta carga $+q$ fica sujeita a uma força de atração. Como $\vec{E} = \vec{F}/q$, $\vec{E}$ e $\vec{F}$ têm a mesma direção e sentido, pelo fato da carga de prova $+q$ ser positiva (Figura 3.5(a)). Quando colocamos uma carga de prova negativa $-q$, esta fica sujeita a uma força de repulsão. Como $\vec{E}$ e $\vec{F}$ têm mesma direção e sentidos opostos, devido à carga de prova $-q$, o sentido de $\vec{F}$ estará saindo e o de $\vec{E}$ entrando, apesar de ambos terem a mesma direção (Figura 3.5 (b)). Então podemos concluir que quando colocamos uma carga negativa $-q_1$ em um certo ponto do espaço, este gera linhas de campo de direção radial e de aproximação da carga (Figura 3.5 (c)).

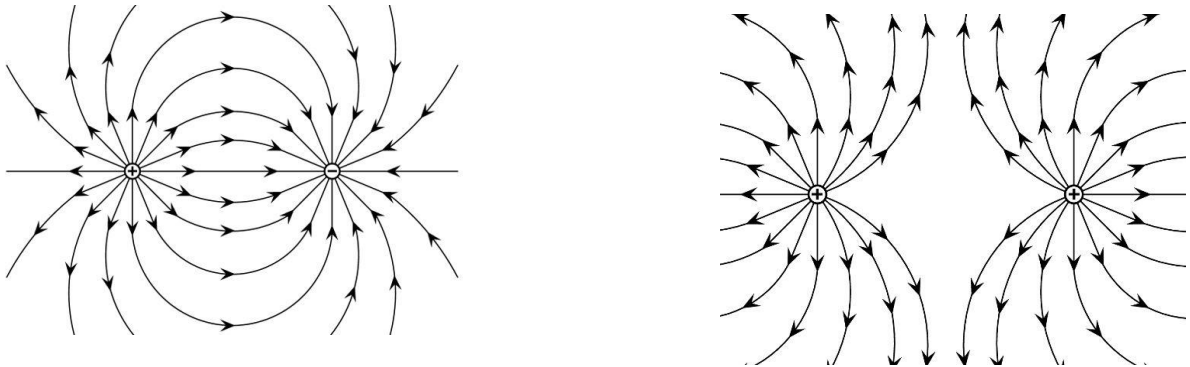
Figura 3.5 – Vetor campo elétrico gerado por uma carga negativa isolada. (a) Vetor campo elétrico $\vec{E}$ tem a mesma direção e sentido da força $\vec{F}$. (b) Vetor campo elétrico $\vec{E}$ tem a mesma direção e sentido oposto ao da força $\vec{F}$. (c) Linhas de campo de aproximação geradas por uma carga negativa $-q_1$.



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

Podemos observar, na Figura 3.4(a) e 3.5(a), que quando uma carga de prova é positiva ($+q$) ela se move no mesmo sentido do campo e quando a carga de prova é negativa ($-q$) ela se move em sentido contrário ao do campo (Figura 3.4(b) e 3.5(b)). Isto explica porque quando aplicamos uma tensão em um condutor, é gerado um campo elétrico nele que faz com que as cargas negativas se movam em sentido contrário ao do campo, conforme veremos no item 3.2. As linhas de campo geradas por uma carga positiva são de afastamento (Figura 3.4 (c)) e por uma carga negativa são de aproximação (Figura 3.5(c)). As linhas de força geradas por duas cargas de sinais opostos têm o padrão apresentado na Figura 3.6(a) e de mesmo sinal na Figura 3.6(b).

Figura 3.6 – Linhas de campo elétrico gerado por duas cargas. (a) Campo elétrico $\vec{E}$ formado por duas cargas de sinais opostos. (b) Campo elétrico $\vec{E}$ gerado por duas cargas de mesmo sinal.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/campo-eletrico.htm#>

Como a intensidade da força $\vec{F}$, segundo a lei de Coulomb, é $F = K \cdot q_1 \cdot q / d^2$ (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2017), a equação geral da intensidade do campo devido à carga pontual q_1 da Figura 3.4(a) pode ser escrita na forma abaixo:

$$E = \frac{F}{q} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q}{q \cdot d^2} = K \cdot \frac{q_1}{d^2} \rightarrow E = K \cdot \frac{q_1}{d^2}, \quad (3.4)$$

onde K ($8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$) é a constante eletrostática no vácuo.

A unidade de medida do campo elétrico é o Newton por Coulomb (N/C).

3.1.3 – Energia potencial elétrica

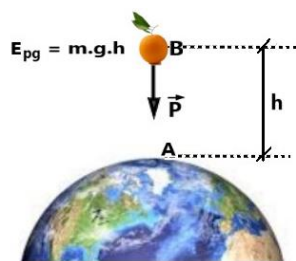
Imagine uma laranja de massa m colocada em um certo ponto B a uma altura h de outro ponto A , tomado como referência (Figura 3.7 (a)). Como a laranja está sob a presença de um campo gravitacional, fica sujeita a ação de uma força conservativa (força cujo trabalho de um ponto A a um ponto B independe da trajetória) chamada peso $\vec{P}$. Se soltarmos a laranja, a força peso realizará um trabalho

$$W = m \cdot g \cdot h, \quad (3.5)$$

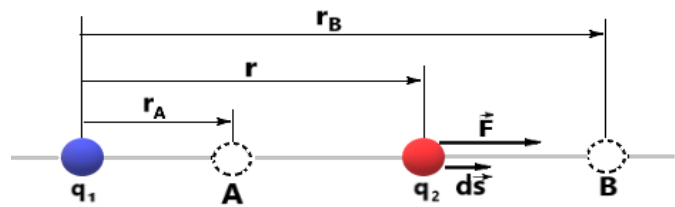
de modo que $W = -\Delta E_{pg}$, onde ΔE_{pg} é a variação da energia potencial gravitacional do sistema Terra-laranja, ou seja, parte da energia potencial gravitacional é transformada em energia

cinética da laranja havendo diminuição da energia potencial até o ponto de referência A. Para que a laranja tenha a mesma energia do ponto B, temos que realizar um trabalho levantando a laranja do ponto A até B, ou seja, $-W = \Delta E_{pg}$. De forma análoga, quando uma carga está sobre a presença de um campo elétrico, ela fica sujeita a uma força $\vec{F}$ (item 3.1.2) que é capaz de realizar trabalho, ou seja, possui energia potencial elétrica (Figura 3.7 (b)). A força gravitacional é de aproximação, porém as forças elétricas podem ser de aproximação ou repulsão.

Figura 3.7 – (a) Laranja sob efeito de um campo gravitacional terrestre e com energia potencial gravitacional $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$. (b) Carga elétrica q_2 , sob efeito do campo elétrico gerado por q_1 , se deslocando do ponto A para um ponto B transformando trabalho em variação de energia potencial ($W = -\Delta E_{pe}$).



(a)



(b)

Fonte: Adaptado de Sousa, Planeta Terra (<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-planeta-terra.htm>)

Observando a Figura 3.7(b), observamos que q_2 está submetida a uma força devido à carga em repouso q_1 e se desloca de A para B. Vamos simplificar o processo analisando o movimento da carga q_2 apenas na linha imaginária que liga q_1 e q_2 , a força $\vec{F}$ paralela ao deslocamento infinitesimal $d\vec{s}$ de A para B, a origem na posição q_1 e a posição de q_2 pelo vetor deslocamento r . Quando q_2 está em A, existe uma energia potencial E_{pA} devido ao campo elétrico gerado por q_1 . Logo esta energia potencial elétrica é transformada em energia cinética pelo trabalho W da força $\vec{F}$. Quando q_2 se desloca de A até B a variação da energia potencial elétrica (ΔE_{pe}) é

$$\begin{aligned} \Delta E_{pe} &= -W = -\int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = -\int_{r_A}^{r_B} F \cdot dr = -\int_{r_A}^{r_B} K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot dr = -K \cdot q_1 \cdot q_2 \int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{r^2} \cdot dr \\ &= -K \cdot q_1 \cdot q_2 \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right). \end{aligned} \quad (3.6)$$

Fazendo o jogo de sinais chegamos a

$$\Delta E_{pe} = E_{p_B} - E_{p_A} = K \cdot q_1 \cdot q_2 \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right), \quad (3.7)$$

sendo J (Joule) a unidade de medida da energia.

Podemos concluir, da equação (3.6) e da Figura 3.7(b), que, quando q_1 e q_2 têm o mesmo sinal e q_2 se aproxima de q_1 , então $r_B < r_A$ e consequentemente $\Delta E_{pe} > 0$, ou seja, a energia potencial aumenta. Quando q_2 se afasta de q_1 , $r_B > r_A$ e a $\Delta E_{pe} < 0$, ou seja, a energia potencial diminui. Quando q_1 e q_2 têm sinais opostos, a equação (3.6) se transforma na equação (3.8) abaixo:

$$\Delta E_{pe} = E_{p_B} - E_{p_A} = -K \cdot q_1 \cdot q_2 \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right) = K \cdot q_1 \cdot q_2 \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right). \quad (3.8)$$

A equação (3.8) nos permite concluir que quando q_2 se aproxima de q_1 , $r_B < r_A$ e $\Delta E_{pe} < 0$, ou seja, a energia potencial diminui. Quando q_2 se afasta de q_1 , $r_B > r_A$ e $\Delta E_{pe} > 0$, ou seja, a energia potencial aumenta. Concluimos, também, que as cargas sempre se movimentam espontaneamente para posição de menor energia.

Se considerarmos a energia do ponto A igual a zero ($E_{pA} = 0$), a equação (3.6) pode ser escrita na forma geral abaixo:

$$E_p = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r}, \quad (3.9)$$

onde r é a distância de q_2 à carga q_1 .

Quando as cargas q_1 e q_2 tiverem sinais iguais, as forças serão repulsivas e a energia potencial do sistema (E_p) será positiva e se tiverem sinais diferentes, as forças serão atrativas e a energia potencial do sistema (E_p) será negativa.

3.1.4 – Potencial elétrico

Outra grandeza de extrema importância para a compreensão de alguns conceitos da eletrodinâmica é o de potencial elétrico. Só há circulação de corrente elétrica entre dois pontos

quando há uma diferença de potencial entre eles. Por isso os pássaros, quando estão com os pés no fio com um mesmo potencial, mesmo este potencial sendo elevado, não são eletrocutados.

Se considerarmos a carga q_2 da Figura 3.7(b) de prova, podemos definir a variação do potencial elétrico (U) como:

$$U = V_A - V_B = \frac{\Delta E_{pe}}{q_2}, \quad (3.10)$$

onde U é a tensão, também chamada de d.d.p (diferença de potencial), V_A é o potencial no ponto A e V_B é o potencial no ponto B . Se quisermos saber o potencial de um ponto A em relação a um ponto B no infinito, fazemos $V_B = 0$, ficando a equação (3.10) na forma:

$$V_A = \frac{E_A}{q_2}. \quad (3.11)$$

O potencial elétrico encontrado em qualquer ponto do campo devido à carga q_1 da Figura 3.7(b), pode ser escrito na forma geral como:

$$V = \frac{E}{q_2}. \quad (3.12)$$

A unidade de medida do potencial elétrico é o Volt = Joule/Coulomb, ou seja, $1V = 1J/1C$. Quando observamos uma bateria que fornece uma tensão de 9V, isso significa que a bateria é capaz de fornecer 9J de energia a cada um 1C de carga que passa por ela.

Como uma carga q_2 se move espontaneamente, dentro de um campo, para pontos de menor configuração de energia do sistema formado por q_1 e q_2 , a variação de energia potencial elétrica será negativa e o trabalho será positivo, ou seja, $-\Delta E_{pe} = W$ e podemos escrever a equação (3.10) como:

$$U = V_A - V_B = \frac{-\Delta E_{pe}}{q_2} = \frac{W}{q_2} \rightarrow V_A - V_B = \frac{W}{q_2}. \quad (3.13)$$

Da equação (3.13), podemos concluir que quando $q_2 > 0$, $V_A - V_B > 0$ e $V_A > V_B$, ou seja, cargas positivas, num campo elétrico, se movem espontaneamente para pontos de menor

potencial. Quando $q_2 < 0$, $V_A - V_B < 0$ e $V_A < V_B$, isto é, cargas negativas, num campo elétrico, se movem espontaneamente para pontos de maior potencial.

Quando ligamos um fio com uma lâmpada incandescente a uma bateria, esta gerará um campo elétrico no fio e os elétrons ficarão sujeitos a uma força elétrica que os moverá para uma configuração de menor energia e de maior potencial, ou seja, os elétrons se moverão do polo negativo para o polo positivo da bateria. Como podemos observar, os conceitos citados até o presente momento, serão importantes para a compreensão de outros conceitos apresentados nos próximos itens, pois é o que veremos a partir de agora.

3.2 - CORRENTE ELÉTRICA

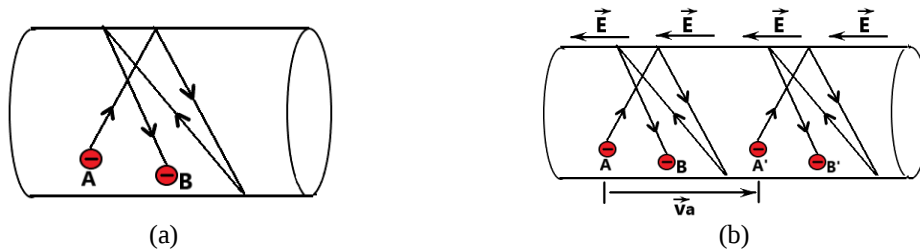
Corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas. Serway e Júnior (2009, pg.767) afirma que “sempre que uma carga está fluindo diz-se que existe uma corrente”. Outros autores como Young e Freedman (2009, p.135), definem corrente elétrica como “o movimento de cargas de uma região para outra”. Para que essa carga se movimente de uma região para outra é preciso que haja uma trajetória fechada que é chamada de circuito elétrico. Young e Freedman (2009) explica muito bem esse conceito:

Um circuito elétrico fornece, basicamente, um caminho para transferir energia de um local para outro. À medida que as partículas carregadas fluem através de um circuito, a energia potencial elétrica é transferida de uma fonte (tal como uma bateria ou um gerador) até um dispositivo no qual essa energia é armazenada ou então convertida em outras formas de energia: em um som de um sistema estéreo, em calor de uma torradeira ou em luz de uma lâmpada (YOUNG e FREEDMAN, 2009, p.135).

Vamos analisar como ocorre este processo. As cargas que fluem podem ser elétrons (nos metais), íons (nos gases e líquidos), lacunas (nos semicondutores). Iremos analisar as cargas que fluem nos metais que são os elétrons. Quando um fio metálico está em equilíbrio eletrostático, ou seja, não tem nenhum campo elétrico atuando sobre o mesmo, não há circulação de corrente pelo fato de o campo elétrico ser nulo neste condutor. Como é metal, existe uma grande quantidade de elétrons livres em movimento caótico a uma velocidade média

da ordem de 10^6 m/s (*op.cit.*, p.136). Na Figura 3.8(a) temos um exemplo de movimento caótico de um elétron do ponto A até o ponto B.

Figura 3.8 – (a) Movimento caótico de um elétron com velocidade média da ordem de 10^6 m/s. (b) Movimento de arraste do elétron do ponto A até A' com velocidade de arraste $\vec{v}_a$ da ordem de 10^{-4} m/s.



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

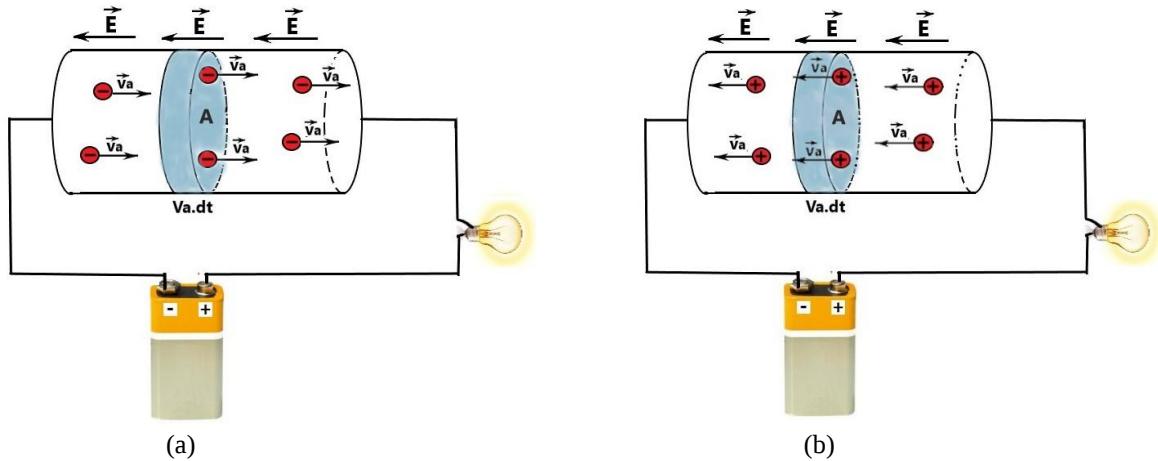
Quando aplicamos um campo elétrico $\vec{E}$ no condutor, os elétrons ficam sujeitos a uma força que pode ser calculada pela equação (3.3), onde e é a carga do elétron. Como resultado, além do movimento caótico vai existir outro movimento muito lento chamado de movimento de arraste, ou seja, os elétrons vão se movimentando no sentido contrário ao do campo elétrico com uma velocidade de arraste $\vec{v}_a$ da ordem de 10^{-4} m/s (Figura 3.8(b)) (YOUNG E FREEDMAN, 2009, p.136). A energia potencial dos elétrons é transformada em energia cinética e essa energia cinética é transformada em energia de vibração dos íons do metal, pois os elétrons colidem com os mesmos aumentando a temperatura do material constituindo o que chamamos de Efeito Joule. Algumas vezes este efeito é desejado, como no uso de chuveiros elétricos, *Air Fryer*, ferro de passar roupas e outros. Mas existem casos em que o aumento de temperatura não é bom, como no uso de cabos de transmissão de energia, pois o aumento da temperatura resulta num aumento da resistência elétrica (dificuldade que um material apresenta à passagem da corrente elétrica) e em perdas da energia cinética para energia térmica. Por isto usa-se transformadores elevadores de tensão, para que a corrente que passe por estes transformadores se eleve e compense a perda da energia cinética do elétron.

3.2.1 - Intensidade da corrente elétrica

Como vimos no item 3.2, em um fio metálico em equilíbrio eletrostático, existe apenas o movimento caótico dos elétrons. Quando aplicamos um campo elétrico no mesmo, além do movimento caótico, existe outro movimento chamado de movimento de arraste dos elétrons

que se movem com uma velocidade de arraste $\vec{v}_a$. Vamos considerar apenas o movimento de arraste em uma secção reta de área A de um fio condutor, conforme Figura 3.9.

Figura 3.9 – (a) Corrente real de elétrons se movendo em sentido contrário ao do campo aplicado no condutor. (b) Corrente convencional de cargas positivas no mesmo sentido do campo.



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

Quando um campo elétrico é aplicado em um fio, os elétrons ficam sujeitos a uma força que pode ser calculada pela equação (3.3), ou seja, eles se movimentam em sentido contrário ao do campo. Na Figura 3.9 (a), temos um exemplo de elétrons se movimentando em sentido contrário ao do campo elétrico. A esse tipo de movimento, chamamos de **corrente real**, pois nos metais, quem se movem são os elétrons. Porém, podemos considerar o movimento de cargas positivas como na Figura 3.9 (b), pois para a análise de circuitos o resultado é o mesmo. A esse movimento de cargas positivas, chamamos de **corrente convencional**, com as cargas positivas sujeitas a uma força dada pela equação (3.3) quando aplicado um campo no fio. A partir de agora consideraremos a corrente convencional em condutores nos nossos estudos, no entanto os conceitos podem ser aplicados a íons que se movem em líquidos ou gases.

Chamamos de corrente elétrica ao fluxo de cargas elétricas que passam numa secção reta de um condutor de área A num determinado intervalo de tempo, ou seja:

$$i = \frac{dq}{dt}, \quad (3.14)$$

sendo i a corrente elétrica em Ampère (A), dq o fluxo de cargas elétricas que passa por uma secção reta de um material de área A e dt o intervalo de tempo em segundos.

A unidade de medida da corrente elétrica é o Ampère que significa 1C/s, ou seja, se substituirmos o valor de 1C na equação (3.1), achamos $6,25 \cdot 10^{18}$ cargas passando por uma área de secção reta de um condutor por segundo. O nome Ampère foi dado em homenagem ao físico francês André Marie Ampère (*op.cit.*, p.137). Para acharmos a quantidade de carga q que passa por um plano num intervalo de 0 a t , integramos a corrente no intervalo de tempo citado como mostrado abaixo:

$$q = \int_0^t dq = \int_0^t i \cdot dt. \quad (3.15)$$

3.2.2 - Intensidade da corrente elétrica em função da velocidade de arraste

Vamos considerar a Figura 3.9 (b), em que as cargas positivas fluem no sentido do campo, da direita para a esquerda. Consideremos n , a quantidade de carga por unidade de volume cuja unidade de medida é m^{-3} e v_a a velocidade de arraste. Todas as cargas que entram no lado direito do cilindro de área A e altura $v_a \cdot dt$, saem do lado esquerdo do volume $A \cdot v_a \cdot dt$, num intervalo de tempo dt . Consideremos que todas as partículas têm carga e , então temos que o número de partículas por unidade de volume é $n \cdot A \cdot v_a \cdot dt$ e $dq = e \cdot n \cdot A \cdot v_a \cdot dt$. Podemos, agora, escrever a corrente como:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{e \cdot n \cdot A \cdot v_a \cdot dt}{dt} = n \cdot e \cdot v_a \cdot A. \quad (3.16)$$

3.2.3 - Intensidade da densidade de corrente

Chamamos densidade de corrente $\vec{J}$ como o fluxo de corrente por unidade de área de uma secção reta de um condutor. Matematicamente podemos escrever a corrente como o produto escalar da densidade de corrente $\vec{J}$ pelo vetor elemento de área $d\vec{A}$ de um material:

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}. \quad (3.17)$$

Quando a “corrente é uniforme em toda secção paralela a $d\vec{A}$, $\vec{J}$ também é uniforme e paralela a $d\vec{A}$ ” (HALLIDAY E RESNICK, 2016, p.142). Podemos concluir que a equação (3.17) pode ser escrita como:

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} = J \int d\vec{A} = J \cdot A \rightarrow i = J \cdot A \rightarrow J = \frac{i}{A}, \quad (3.18)$$

sendo J a densidade de corrente, cuja unidade de medida é A/m² (Ampère por metro quadrado), i a corrente elétrica em A (Ampère) e A a área em m² (metro quadrado).

3.2.4 - Intensidade da densidade de corrente em função da velocidade de arraste

Da equação (3.16), como $i = n \cdot e \cdot v_a \cdot A$, então podemos escrever a intensidade da densidade de corrente como:

$$J = \frac{i}{A} = \frac{n \cdot e \cdot v_a \cdot A}{A} = n \cdot e \cdot v_a \rightarrow J = n \cdot e \cdot v_a, \quad (3.19)$$

sendo n a concentração de carga por unidade de volume em m⁻³, e a carga elétrica em C (Coulomb) e v_a a velocidade de arraste em m/s (metros por segundo).

A equação (3.19) pode ser escrita na forma vetorial como

$$\vec{J} = (n \cdot e) \cdot \vec{v}_a. \quad (3.20)$$

O produto $(n \cdot e)$ é chamado de densidade de carga dos portadores no Sistema Internacional e tem como unidade de medida C/m³ (Coulomb por metros cúbicos). Pela equação vetorial, observamos que quando a carga e é negativa, a densidade de corrente tem sentido oposto ao da velocidade de arraste e quando e é positiva, tem o mesmo sentido (*op.cit.*, p.143). Alguns autores utilizam o nome velocidade de deriva no lugar de velocidade de arraste.

No próximo item veremos outro conceito importante para a compreensão de circuitos eletroeletrônicos que é o conceito de resistência elétrica.

3.3 - RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Resistência elétrica é a oposição que um componente ou dispositivo apresenta à passagem da corrente elétrica. O estudo dessa grandeza é de extrema importância, por haver uma ampla aplicação em dispositivos eletroeletrônicos utilizados na sociedade moderna. A resistência é desejável ou indesejável em algumas aplicações tecnológicas. Chuveiros elétricos, lâmpadas incandescentes, celulares são apenas alguns exemplos de dispositivos que utilizam essa grandeza. Primeiramente vamos fazer uma abordagem referente ao material que constitui os dispositivos. Logo após, falaremos sobre a resistência de dispositivos e da relação das grandezas que estão associadas a elas e que podem ser mensuradas, tais como corrente e tensão.

3.3.1 - Resistividade

Em algumas situações, a uma determinada temperatura, a razão entre o campo elétrico $\vec{E}$ e a densidade de corrente $\vec{J}$, em um condutor, é praticamente constante, ou seja, $\vec{E}$ e $\vec{J}$ são diretamente proporcionais. A esta razão, damos o nome de Lei de Ohm, em homenagem ao físico alemão George Simon Ohm (1789 – 1852). Embora utilizemos o termo “Lei de Ohm”, essa expressão deve ser usada com cautela, pois a razão entre o campo elétrico e a densidade de corrente é uma proporção direta em apenas algumas situações e a uma determinada faixa de temperatura. A razão entre o módulo de $\vec{E}$ e $\vec{J}$ é chamada de resistividade e podemos escrever como:

$$\rho = \frac{E}{J}, \quad (3.21)$$

sendo ρ a resistividade de um condutor em $\Omega \cdot m$, E a intensidade do campo elétrico em V/m e J a densidade de corrente em A/m².

Observando a equação (3.21) concluímos que quanto maior for a resistividade de um condutor, maior será o campo aplicado para que haja a mesma densidade de corrente. As unidades da resistividade ρ no SI são:

$$\frac{V}{m} : \frac{A}{m^2} = \frac{V}{m} \cdot \frac{m^2}{A} = \frac{V \cdot m}{A} = \Omega \cdot m. \quad (3.22)$$

A razão entre as unidades de tensão e de corrente (V/A) é representada pela letra grega ômega (Ω) que é a unidade de resistência chamada ohm. Concluímos que as unidades da resistividade são o $\Omega \cdot \text{m}$.

Todos os materiais apresentam resistividade. Os *metais* possuem baixa resistividade e, por essa razão, são amplamente utilizados no transporte de energia elétrica. Existem materiais que possuem alta resistividade e são chamados de *isolantes*, pois oferecem grande dificuldade ao transporte da energia. Teríamos um condutor perfeito se apresentasse resistividade zero e um isolante perfeito se apresentasse resistividade infinita, mas em nenhum dos dois casos isso é alcançado numa temperatura ambiente. Há condutores, que numa faixa de temperatura muito baixa, apresentam resistividade zero e são chamados *supercondutores* e outros condutores que possuem resistividade intermediária entre um isolante e um condutor e são chamados *semicondutores*.

Quando um material apresenta uma resistividade ρ constante, independente do campo E dentro de uma faixa de temperatura, denominamos esse material de condutor ôhmico ou condutor linear. Muitos materiais exibem um comportamento diferente indicado pela Lei de Ohm, sendo chamado de condutores não-ôhmicos ou não-lineares (YOUNG & FREEDMAN, 2009, p.140). Nos semicondutores a resistividade diminui com o aumento de temperatura permitindo a criação de dispositivos chamados *termistores*.

O inverso da resistividade $\sigma = 1/\rho$ é chamado de condutividade, cuja unidade de medida é o ohm-metro recíproco $(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ ou mho, que é ohm escrito ao contrário.

3.3.2 - Resistência de um condutor

Até agora falamos sobre a resistividade que é uma característica de um material e relacionamo-las com grandezas microscópicas como o campo E e a densidade de corrente J . Muitas vezes precisamos medir as grandezas de modo que possamos usá-las no nosso cotidiano. Falaremos agora da resistência e de sua relação com as grandezas tensão e corrente elétricas.

Resistência é a oposição que um componente apresenta à passagem da corrente elétrica, ou seja, quando aplicamos a mesma tensão U a objetos de mesmas dimensões, constituídos de materiais diferentes, e medimos a corrente i que passa por cada objeto, verificaremos que essas correntes serão diferentes. A característica do material que determina as diferentes correntes é chamada de **resistência elétrica**, cuja unidade de medida é o ohm (Ω).

3.3.2.1 - Lei de ohm

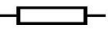
A razão entre a tensão U e a corrente i determina a resistência R de um material e a equação (3.23) chama-se lei de Ohm ou seja:

$$R = \frac{U}{i}, \quad (3.23)$$

sendo R a resistência em ohm (Ω), U a tensão (d.d.p) aplicada em um condutor em Volts (V) e i a corrente elétrica em Ampère (A). Podemos escrever $1\Omega = 1V/1A$.

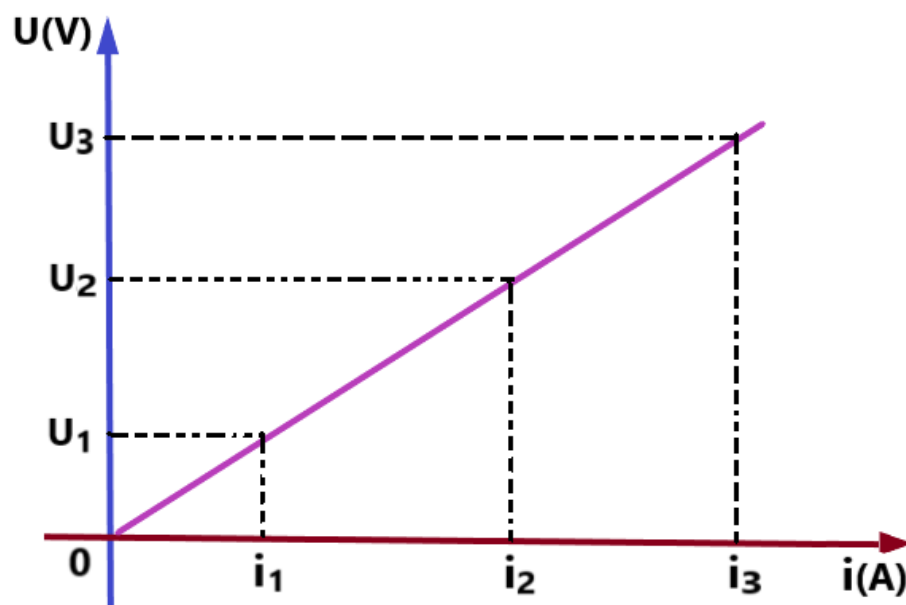
Observamos, da equação (3.23), que sob uma mesma tensão, quanto maior a resistência, menor a corrente em um condutor, por isso podemos conceituar resistência como a oposição que um componente apresenta à passagem da corrente elétrica. Embora o nome dado à equação (3.23) seja lei de Ohm, a “lei” é usada em apenas algumas situações, pois a equação (3.23) é uma razão entre tensão e corrente e pode ser aplicado a qualquer condutor que obedeça ou não a Lei de Ohm, no entanto, quando R é constante podemos chamar a razão entre U e i como Lei de Ohm. Halliday & Resnick (2016) afirma que “um componente obedece à lei de Ohm se, dentro de certos limites, a resistência do componente não depende do valor absoluto nem da polaridade da diferença de potencial aplicada” (HALLIDAY E RESNICK, 2016, p.150). Serway & Júnior (2009) afirma que:

A lei de Ohm *não* é uma lei fundamental da natureza, mas um relacionamento empírico válido somente para determinados materiais e dispositivos sob uma escala limitada de condições. Os materiais ou dispositivos que obedecem a lei de Ohm e, portanto, têm uma resistência constante em uma ampla escala de voltagens são chamados de *ôhmicos*. Os materiais ou dispositivos que não obedecem à lei de Ohm são chamados de *não-ôhmicos* (SERWAY & JÚNIOR, 2009, p.771).

O condutor que tem a função específica de apresentar resistência a um circuito é chamado de resistor. O resistor pode ser representado por esses dois símbolos:  ou . Existem diferentes tipos de resistores que são utilizados numa ampla gama de circuitos eletroeletrônicos. Muitos deles apresentam um código de cores, que pode ser consultado no Apêndice B (ver o Apêndice A da apostila).

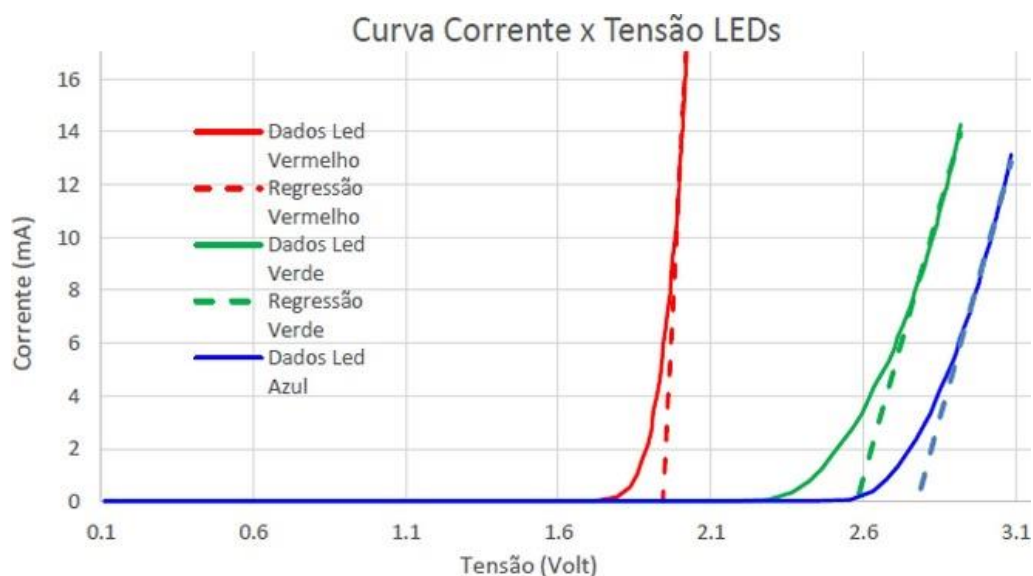
Conforme citado acima, existem materiais ou dispositivos que obedecem à lei de Ohm, chamados de *dispositivos ôhmicos*, e outros que não obedecem a lei de Ohm, chamados de *dispositivos não-ôhmicos*. Resistores, chuveiros elétricos e ferros de passar roupas são alguns exemplos de dispositivos com resistência ôhmica. Os diodos e qualquer dispositivo formado de materiais semicondutores são considerados dispositivos com resistência não-ôhmica. Os dispositivos com resistência ôhmica formam um gráfico linear indicando que a resistência independe da tensão que está sendo aplicada no dispositivo (Figura 3.10).

Figura 3.10 – Gráfico da tensão em função da corrente. A razão entre a tensão e sua respectiva corrente é a resistência R para um resistor ôhmico.



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

Figura 3.11 – Curvas da corrente em função da tensão de diodos emissores de luz (LED).



Fonte: Oliveira, *et al.* (2020) (<https://www.scielo.br/j/rbef/a/tYxCGJshXSRQY5wDgZMdCqM/>)

Na Figura 3.11, temos o gráfico com as curvas dos LEDs (Diodos Emissor de Luz) vermelho, verde e azul. Como os LEDs são diodos semicondutores que emitem numa determinada frequência de cor, os gráficos não são lineares. Analisando o LED vermelho da Figura 3.11, concluímos que, se a tensão direta (Terminal positivo da fonte ligado ao anodo e negativo ligado ao catodo) aplicada no LED variar de 0V até aproximadamente 1,75V, praticamente não haverá corrente circulando, ou seja, a resistência será muito alta. A partir de 1,75V a corrente passa a crescer rapidamente fazendo o LED funcionar como se fosse um condutor. Essa tensão de 1,75V do LED vermelho é chamada de barreira de potencial. Nos LEDs verde e azul, as barreiras de potencial são, aproximadamente, 2,35V e 2,5V respectivamente. Como a resistência variou com a tensão, o LED apresenta um comportamento não-ôhmico.

3.3.2.2 - Cálculo da resistência através da resistividade

Quando as linhas de corrente são uniformes ao longo de toda secção reta do fio condutor, a densidade de corrente e o campo elétrico são iguais ao longo de todo o fio. Nessas condições, podemos relacionar as equações $E = U/l$, $J = i/A$ e $\rho = E/J$.

$$\rho = \frac{E}{J} \rightarrow \rho = \frac{U}{\frac{l}{i}} \rightarrow \rho = \frac{R \cdot i}{\frac{l}{A}} \rightarrow \rho = \frac{R \cdot i}{l} \cdot \frac{A}{i} \rightarrow \rho = \frac{R}{l} \cdot A \rightarrow R = \rho \cdot \frac{l}{A}, \quad (3.24)$$

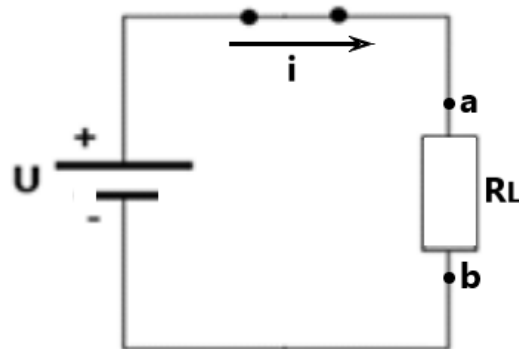
sendo R a resistência (Ω), ρ a resistividade do material que constitui o fio ($\Omega \cdot \text{m}$), l o comprimento do fio e A a área da secção reta do fio (m^2).

Analisando a equação (3.24), concluímos que quanto maior for o comprimento de um fio, maior será sua resistência. Esta característica dificulta a transmissão de energia elétrica a longas distâncias e por essa razão são utilizados transformadores elevadores de tensão para minimizar as perdas no transporte de energia. Observamos, também, que quanto maior for a secção reta de um fio condutor, menor será sua resistência.

3.4 - POTÊNCIA ELÉTRICA

Consideremos a Figura 3.12, em que está sendo aplicada uma tensão U a um elemento de circuito R_L ligado à bateria por meio de fios com resistência desprezível. A tensão U gera um campo elétrico E no circuito que realiza trabalho sobre as cargas fazendo com que elas tenham um movimento com uma velocidade de arraste v_a . Quando as cargas passam pelo elemento de circuito R_L , há uma variação da energia potencial equivalente a $q \cdot (V_a - V_b) = q \cdot U_{ab}$. Considerando $q > 0$ e $(V_a - V_b)$ positivo (potencial no ponto a maior que o potencial no ponto b). Como a taxa de escoamento das cargas que entra em R_L é igual à taxa de escoamento que sai, as cargas não ganham energia cinética e o produto $q \cdot (V_a - V_b)$ é interpretada como a energia potencial E_p que foi transferida da carga para o elemento de circuito. Este elemento de circuito R_L pode ser qualquer dispositivo ou componente tais como celular, motor, lâmpadas etc. Então, podemos concluir que a energia fornecida pela bateria é transferida para as cargas e posteriormente transferida para o elemento de circuito R_L . Esta energia é transformada em outras formas de energia, tais como, energia motriz num motor, luminosa numa lâmpada (Figura 3.13), sonora num alto-falante, térmica num ferro de passar roupas ou chuveiro elétrico.

Figura 3.12 – Exemplo de circuito elétrico com elemento de circuito R_L , que pode ser qualquer componente ou dispositivo usado no cotidiano.



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

Figura 3.13 – Energia potencial, fornecida pela bateria, sendo transformada em energia luminosa numa lâmpada.



Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024), gerada por inteligência artificial COPILOT.

O potencial no ponto b pode ser maior do que o potencial no ponto a, então $(V_a - V_b) < 0$ e significa que o elemento de circuito está fornecendo energia. Concluimos que a energia $E_p = q \cdot (V_a - V_b)$ pode ser usada tanto para fornecimento de energia como para recebimento de energia. Como estamos interessados na energia que é fornecida ou extraída de um elemento de circuito, então podemos escrever esta energia como:

$$dE_p = q U_{ab} = i \cdot dt \cdot U_{ab}. \quad (3.25)$$

Dividindo a equação (3.25) pelo intervalo de tempo dt , escrevemos:

$$dE_p/dt = i.U_{ab}. \quad (3.26)$$

Chamamos a razão dE_p/dt de potência elétrica P , ou seja,

$$P = \frac{dE_p}{dt}, \quad (3.27)$$

cuja unidade de medida é $1 \text{ J/s} = 1\text{W(Watt)}$. Sendo P a potência em Watt (W), dE_p a energia potencial recebida ou distribuída em Joule (J) e dt o intervalo de tempo em segundos (s).

Escrevendo a equação (3.27) em função da tensão e corrente que circula pelo elemento de carga fica:

$$P = U.i, \quad (3.28)$$

sendo P a potência em Watt (W), U a tensão em Volts (V), i a corrente em Ampère (A).

No caso de usarmos componentes ou dispositivos ôhmicos, que são os resistores ou quaisquer outros componentes resistivos, podemos combinar a equação (3.28) com a lei de Ohm $R = U/i$:

$$P = U.i = (R.i).i = R.i^2 \rightarrow P = R.i^2 \quad (3.29)$$

ou

$$P = U.i = U.\frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \rightarrow P = \frac{U^2}{R}. \quad (3.30)$$

As equações (3.29) e (3.30) são aplicadas em casos mais específicos, ou seja, são aplicadas a componentes ou dispositivos que obedeçam a lei de Ohm. Já a equação (3.28) é usada em qualquer tipo de transferência elétrica.

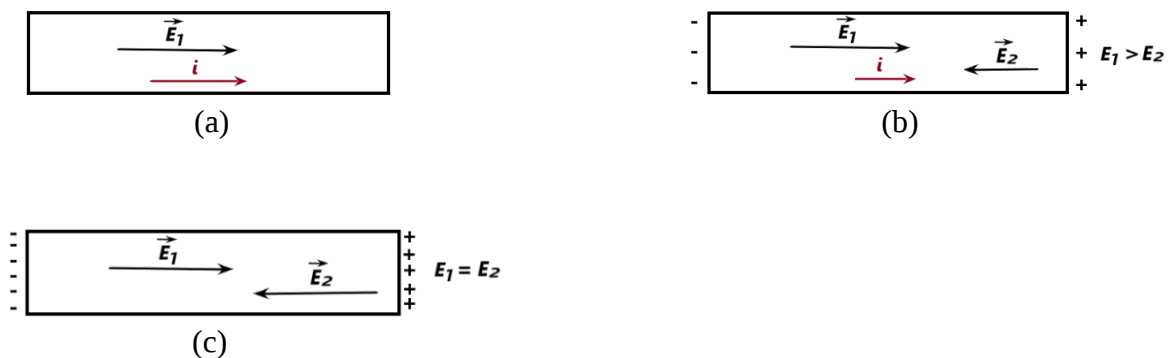
3.5 - FORÇA ELETROMOTRIZ E TENSÃO

Para que haja uma corrente estacionária em um condutor, além de um fornecimento constante de energia elétrica, o circuito tem que estar completo, ou seja, toda a trajetória por onde circula a corrente não pode haver interrupções, não pode estar aberta. Quando aplicamos um campo elétrico em um fio com trajetória aberta, ocorrerá um acúmulo de cargas nas suas extremidades cessando, assim, a corrente que circula no mesmo, ou seja, a densidade de

corrente vai diminuindo até que a corrente deixe de circular no fio. Vamos analisar por que isso ocorre.

Na Figura 3.14(a), o campo elétrico $\vec{E}_1$ no fio permanece constante *num circuito de trajetória fechada* pois a corrente se torna estacionária. Caso a trajetória do circuito esteja aberta, começará a ocorrer um acúmulo de carga nas extremidades do fio e consequentemente aparecerá outro campo elétrico $\vec{E}_2$, gerado pelas cargas que estão se acumulando nas extremidades, de sentido oposto a $\vec{E}_1$ fazendo com que o campo resultante diminua e consequentemente a corrente diminua também (Figura 3.14(b)). Depois de um certo intervalo de tempo ocorrerá um acúmulo maior de cargas nas extremidades do fio até que o campo $\vec{E}_1$ tenha a mesma intensidade do campo $\vec{E}_2$. Neste momento, o campo resultante no fio se torna nulo e a corrente para de circular (Figura 3.14(c)). Por este motivo, para haver uma corrente estacionária, necessariamente o circuito tem que ter a trajetória fechada completa, pois só assim a corrente não será interrompida e fluirá em todo o circuito.

Figura 3.14 – (a) Parte de um fio em um circuito de trajetória fechada. O campo elétrico $\vec{E}_1$ tem a mesma intensidade quando é aplicada uma tensão constante. (b) Início do acúmulo de cargas nas extremidades de um fio de trajetória aberta. O campo elétrico $\vec{E}_2$, de sentido contrário a $\vec{E}_1$, começa a surgir fazendo com que o campo resultante vá diminuindo e consequentemente a corrente i também. (c) Limite do acúmulo de cargas nas extremidades de um fio de trajetória aberta, fazendo com que as intensidades dos campos $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ se igualem, gerando um campo resultante nulo, cessando, assim, a corrente i .

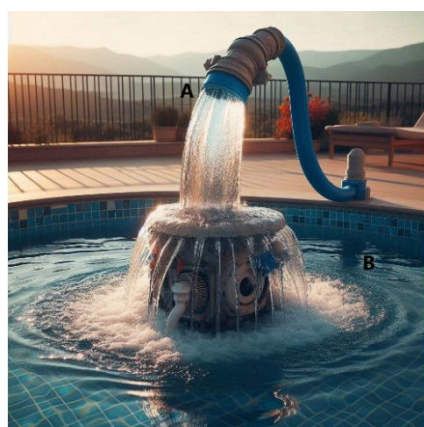


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

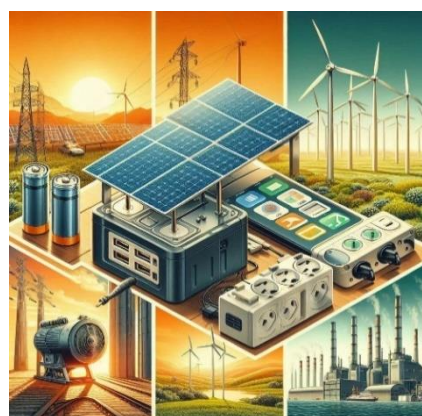
Num circuito fechado completo, uma carga q sai de certo ponto a com uma energia potencial e retorna a este mesmo ponto com a mesma energia. Falamos, anteriormente, que uma carga transfere a energia potencial para um elemento de carga R_L , então, como pode uma carga chegar ao ponto de onde partiu com a mesma energia potencial? Para explicar este fenômeno,

vamos fazer uma comparação analisando a Figura 3.15(a). A água tem uma energia potencial gravitacional no ponto A (boca da torneira) em relação à Terra e quando ela cai na piscina passa a ter uma energia potencial menor no ponto B (superfície da água da piscina). A bomba puxa a água do ponto B e a devolve ao ponto A que passa a ter a mesma energia potencial gravitacional antes de cair. O mesmo acontece com uma carga q em um circuito completo, ou seja, a carga q perde sua energia potencial para um elemento de circuito e, em alguma parte do mesmo a energia potencial da carga aumenta, ou seja, mesmo a carga sendo forçada a se mover no sentido do maior potencial para o menor potencial, existe um agente que a faz mover em sentido contrário e este agente é uma grandeza chamada de **força eletromotriz (fem)** e é representada pelo símbolo $\mathcal{E}$. A força eletromotriz é responsável pelo fornecimento constante de energia para um circuito. Fazendo uma comparação com o exemplo da piscina, a água se move de um ponto de maior energia potencial (ponto A) para um ponto de menor energia potencial (ponto B) e a bomba faz a água ir para o ponto de maior energia potencial novamente, mesmo a água tendo a tendência de cair. A força eletromotriz pode ser comparada à bomba citada acima, ou seja, ela pega a carga de um ponto de menor potencial e a transfere para um ponto de maior potencial. A expressão “**força eletromotriz (fem)**” é utilizada erroneamente, pois esta grandeza não indica uma força e tem a mesma unidade de medida da tensão. Os dispositivos que fornecem **força eletromotriz** são chamados de fontes de fem. As pilhas, baterias, células solares, geradores elétricos são alguns exemplos de fontes de fem. Na Figura 3.15(b), temos o exemplo de dispositivos que transformam algum tipo de energia (térmica, química, mecânica e etc) em energia potencial elétrica que são transferidas para um circuito.

Figura 3.15 – (a) Bomba conduzindo a água de uma região de menor energia potencial para uma região de maior energia potencial. (b) Alguns exemplos de fontes de força eletromotriz.



(a)



(b)

Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024), gerada por inteligência artificial COPILOT.

Uma pilha tem uma fem de 1,5 V, ou seja, 1,5 J/C ($1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$), isso significa dizer que essa pilha realiza trabalho 1,5 J para transportar uma carga de 1 C de uma região de menor potencial para uma região de maior potencial. Uma fonte de fem é considerada ideal se a força eletromotriz em seus terminais permanecer constante mesmo ligado a um circuito e circulando uma corrente por ela. Não existe fonte de fem ideal, pois toda fonte tem uma certa resistência que faz com que a tensão fornecida pelos seus terminais seja menor do que a fem quando a fonte está ligada a um circuito. Mesmo assim, usamos o modelo de fonte ideal, com uma boa aproximação, em algumas aplicações em dispositivos eletroeletrônicos. Quando usamos uma fonte de fem ideal, a tensão fornecida pela fonte é igual à força eletromotriz ($U = \mathcal{E}$), quando consideramos uma fonte de fem real, a tensão fornecida pela fonte será a força eletromotriz menos a tensão que fica na resistência interna dessa fonte ($U = \mathcal{E} - ri$). A partir de agora vamos estudar as fontes de fem que fornecem tensão contínua como as pilhas e baterias. Este estudo pode ser aplicado em qualquer fonte de tensão contínua usada no nosso cotidiano. Entender este assunto o ajudará a compreender o funcionamento de muitos circuitos elétricos, pois todos eles precisam de uma fonte de fem para funcionarem e muitos são alimentados com tensão contínua.

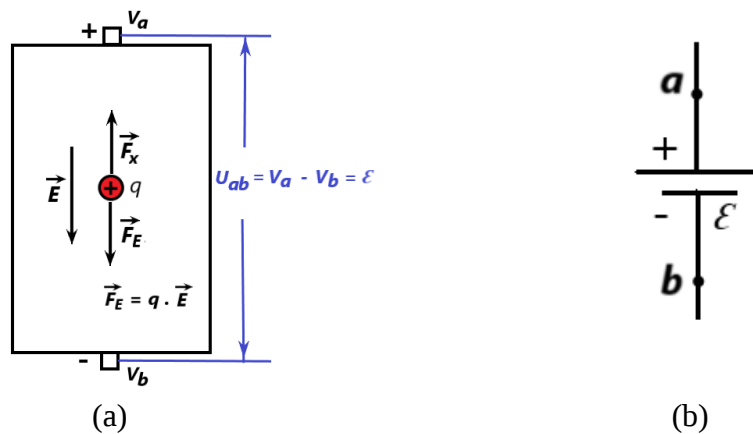
3.5.1 - Força eletromotriz em fontes de tensão contínua

Embora esta explicação seja aplicada a qualquer fonte de força eletromotriz, direcionaremos às fontes de tensão contínua. Existe tensão U_{ab} nos terminais de uma fonte quando há uma diferença de potencial ($V_a - V_b$) nesses terminais. Para que haja circulação de corrente, temos que alimentar um circuito com uma tensão (diferença de potencial).

Analisando a Figura 3.16(a), observamos que a carga positiva q , fica sujeita a uma força elétrica $\vec{F}_E$ de mesma direção e sentido do campo elétrico $\vec{E}$. Outra força, de natureza não eletrostática, $\vec{F}_x$, faz com que a carga q se mova no sentido contrário ao do campo, ou seja, de uma região de menor potencial para uma região de maior potencial. Isso acontece porque a força $\vec{F}_x$ realiza trabalho $\tau_x = q \cdot \mathcal{E}$ sobre a carga de modo que sua energia potencial $E_p = q \cdot U_{ab}$ aumente. A tensão U_{ab} é igual a $V_a - V_b$, onde $(V_a - V_b)$ é o potencial de a com relação ao potencial de b . Numa fonte de fem ideal $F_x = F_E$, ou seja, as duas forças tem o mesmo módulo mas sentidos contrários e a carga se movimenta para a região de maior energia potencial com velocidade constante então o trabalho realizado pela força resultante na carga q é igual a zero, isso significa dizer que todo trabalho realizado sobre a carga é transformado em energia potencial. Como $E_p = \tau_x$, numa fonte de fem ideal, $q \cdot U_{ab} = q \cdot \mathcal{E}$, então $U_{ab} = \mathcal{E}$. Concluimos

que numa fonte de fem ideal, a tensão em seus terminais é igual à força eletromotriz. Na Figura 3.16(b), temos a simbologia de uma fonte de fem ideal contínua constante. Notemos que não há a representação da resistência interna r na simbologia, ou seja, numa fonte de fem ideal a resistência é zero e $U_{ab} = \mathcal{E}$.

Figura 3.16 – (a) Força $\vec{F}_E$, causada pelo campo elétrico $\vec{E}$, com a mesma direção, mesma intensidade, mas sentido contrário ao da força não eletrostática $\vec{F}_x$. (b) Simbologia de uma fonte de fem real, onde $U_{ab} = \mathcal{E}$.



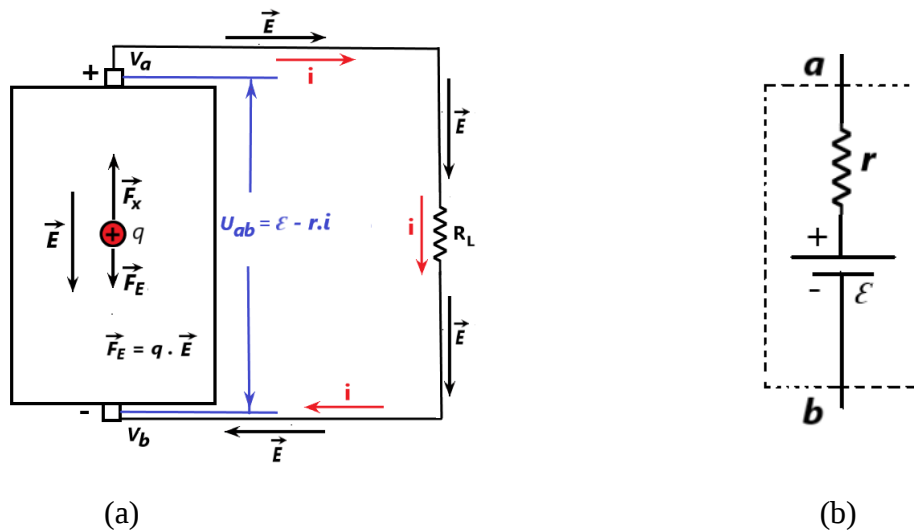
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

A força $\vec{F}_x$ pode ser fornecida através de reações químicas numa pilha, através de forças magnéticas que atuam numa carga no gerador elétrico, ou seja, vários processos podem gerar a força adicional $\vec{F}_x$.

Agora, vamos considerar uma fonte de fem real ligada a um elemento de carga com resistência R_L , através de fios cujas resistências são iguais a zero (Figura 3.17(a)). A força $\vec{F}_x$ será maior que a força $\vec{F}_E$ numa fonte real, pois a força $\vec{F}_E$ e a diferença de potencial nos terminais a e b caem. Essa queda na tensão U_{ab} ocorre devido à resistência interna r que existe em qualquer fonte de fem real. Esta resistência interna r , se obedecer a lei de Ohm, faz com que a fonte forneça uma tensão $U_{ab} = \mathcal{E} - r.i$. Observamos que na fonte de tensão real, existe uma resistência r na simbologia representando a resistência interna. Numa fonte de fem ideal, toda a energia potencial é transformada em outras formas de energia no elemento de circuito R_L , porém não há perda de energia no interior da fonte. Já numa fonte de fem real, parte da energia potencial elétrica é perdida, também, em seu interior, fazendo com que a tensão U_{ab} , nos terminais da fonte seja menor que a força eletromotriz $\mathcal{E}$. Na Figura 3.17(b), temos a representação de uma fonte de fem real contínua constante. Observemos que há uma resistência

r no interior da fonte. Podemos concluir que toda fonte de fem real possui uma resistência interna.

Figura 3.17 – (a) Força $\vec{F}_x$ maior que $\vec{F}_E$ quando ligado a um elemento de carga de resistência R_L , numa fonte de fem real, por meio de fios com resistência zero. (b) Simbologia de uma fonte de fem real em que a tensão U_{ab} é menor do que a força eletromotriz $\mathcal{E}$, ou seja, $U_{ab} = \mathcal{E} - r.i$.



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

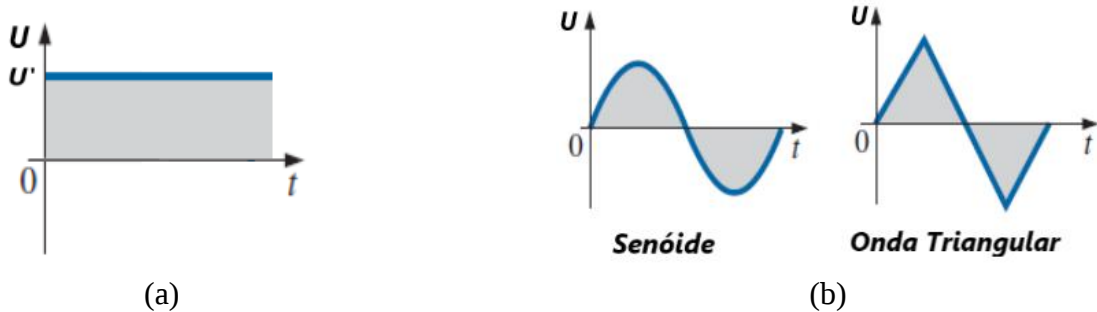
As fontes de fem cuja a polaridade (locais onde há excesso de carga positiva ou excesso de carga negativa) não muda no decorrer do tempo, são chamadas de *fontes de tensão contínua*. Quando a polaridade não muda e a tensão permanece constante, as fontes são chamadas de *fontes de tensão contínua constante*. Na Figura 3.18(a), temos um gráfico da tensão em função do tempo fornecido por uma fonte de tensão contínua constante. Podemos citar, como exemplos de fontes de tensão contínua constante, as pilhas e baterias.

Existem fontes em que a polaridade muda numa certa frequência f (número de repetição de um fenômeno periódico por unidade de tempo), essas fontes são chamadas de *fontes de tensão alternada*. Na Figura 3.18(b), temos dois exemplos de gráficos da tensão em função do tempo, senoidal e triangular, fornecida por uma fonte de tensão alternada. As tomadas de nossas casas, que fornecem uma tensão senoidal, geradores de ondas, que fornecem vários tipos de tensão alternada, tais como triangular e quadrática, constituem exemplos de fontes de tensão alternada.

Quando ligamos um elemento de carga, de resistência ôhmica R_L , a uma fonte de tensão ideal, por meio de fios com resistência zero, que forneça uma ddp (diferença de potencial) igual a $\mathcal{E}$, podemos calcular a corrente i que circula num circuito e na fonte, por meio da lei de Ohm.

Como $\mathcal{E} = R_L \cdot i$, então $i = \mathcal{E} / R_L$. Estamos considerando uma fonte ideal onde não há perda de energia nem queda de potencial elétrico dentro da fonte, então a corrente $i = \mathcal{E} / R_L$ é a mesma em todo o circuito fechado.

Figura 3.18 – (a) Gráfico da tensão fornecida por uma fonte de tensão contínua constante. A tensão U' permanece constante no decorrer do tempo. (b) Exemplos de gráfico da tensão fornecida por fontes de tensão alternada. Temos uma onda senoidal e triangular que variam a tensão no decorrer do tempo.



Fonte: Adaptado de Boylestad (2012, p.452)

Ligando-se uma fonte ideal de resistência interna ôhmica r , por meio de fios com resistência zero, a um elemento de carga de resistência R_L , a corrente i que circula pelo circuito e pela fonte será, usando a lei de Ohm:

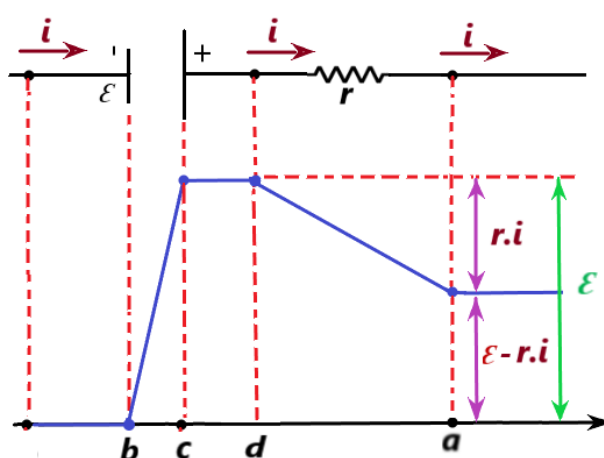
$$\mathcal{E} - r \cdot i = R_L \cdot i \rightarrow R_L \cdot i + r \cdot i = \mathcal{E} \rightarrow (R_L + r) \cdot i = \mathcal{E} \rightarrow i = \frac{\mathcal{E}}{(R_L + r)} \quad (3.31)$$

A tensão medida numa pilha ou bateria, sem ela está ligada a um circuito, é a força eletromotriz. Quando medimos a tensão com a pilha *ou bateria ligada ao circuito*, obtemos a tensão $U_{ab} = \mathcal{E} - r \cdot i$. A Figura 3.19 mostra o gráfico de como a tensão fornecida por uma fonte real, representada pela linha azul, se comporta quando a corrente i passa no interior de uma pilha ou bateria. Do ponto b ao ponto c , há uma elevação de potencial $\mathcal{E}$. Do ponto d ao ponto a , há uma queda de potencial $r \cdot i$, devido à resistência interna ôhmica que existe na pilha ou bateria. A tensão que a bateria ou pilha fornece é a tensão $U_{ab} = \mathcal{E} - r \cdot i$.

No próximo item, falaremos de circuitos de corrente contínua. É importante sabermos os conceitos de corrente, resistência e tensão, pois estes conceitos fazem parte do contexto social, histórico e cultural de grande parte dos aprendizes. Todos os circuitos eletrônicos precisam ser alimentados por uma fonte de tensão de modo que a energia fornecida pela fonte seja transformada em outras formas de energia. Atualmente, a matriz energética está mudando,

ou seja, as pessoas estão ficando cada vez mais conscientes no que diz respeito à produção e uso de energias renováveis de modo que o meio ambiente seja minimamente afetado. À medida que a população cresce, a tecnologia se desenvolve e a demanda por energia elétrica aumenta. O conhecimento básico da eletrodinâmica vai ajudar a entender mais profundamente este mundo totalmente dependente da energia elétrica.

Figura 3.19 – Exemplo de gráfico do comportamento da tensão dentro de uma pilha ou bateria. Dos pontos *b* até *c*, há uma elevação de tensão. Dos pontos de *d* até *a*, a tensão $r.i$ diminui devido à resistência interna da fonte. Finalmente a fonte fornece uma tensão $U_{ab} = \mathcal{E} - r.i$ quando ligada a um circuito.



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

3.6 - CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

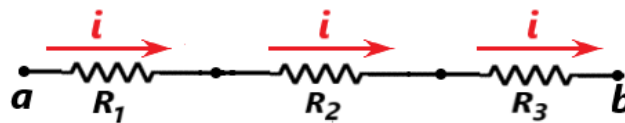
Os circuitos eletroeletrônicos são constituídos, em grande parte, por componentes ligados em rede. Estes componentes podem ser capacitores, resistores, transístores, diodos e muitos outros dispositivos que exercem diferentes funções. Como já vimos, os resistores são componentes que têm como função fornecer uma certa resistência elétrica que serve para limitar a corrente ou dividir a tensão num determinado circuito. Muitas vezes, precisamos ligar os resistores de diferentes maneiras chamadas de associação de resistores. A partir de agora, estudaremos o comportamento de um circuito alimentado por tensão contínua, ou seja, fontes de fem que fornecem a corrente apenas em um sentido. Celulares, lanternas, relógios a quartzo e calculadoras são exemplos circuitos alimentados por tensão contínua. Aprenderemos as características sobre tensão e corrente de uma associação em série e paralelo de resistores, pois

muitas vezes não encontramos o valor calculado de um resistor e temos que associar os resistores, em série, paralelo ou misto, para obter o valor correto de uma determinada resistência. Considerando a análise de circuitos, um conjunto de lâmpadas incandescentes ligadas entre si, como numa decoração natalina, pode ser considerado uma associação de resistores. Por isso, é de extrema importância este conhecimento no nosso cotidiano, pois qualquer elemento de circuito que tenha uma resistência ôhmica pode ser associado como se fosse resistores.

3.6.1 - Associação em série de resistores

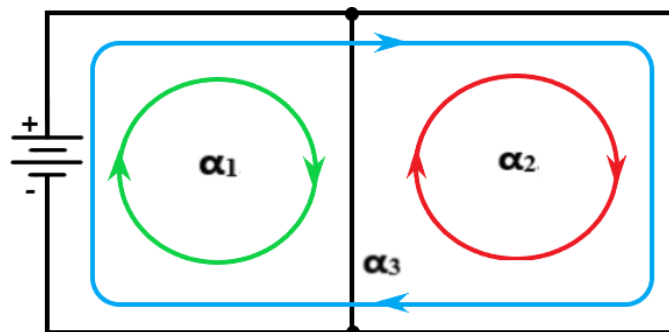
Numa associação em série, os resistores são ligados de forma sequencial e percorridos por uma mesma corrente i (Figura 3.20).

Figura 3.20 – Resistores ligados em sequência sendo percorrido por uma mesma corrente.



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

Figura 3.21 – Exemplos de circuitos com três malhas α_1 , α_2 , α_3 .



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

Na própria definição de associação em série, citamos a primeira característica dessa associação que é uma corrente única que percorre todo o circuito. Para falarmos da segunda característica, apresentaremos a lei de Kirchhoff das malhas. Segundo Bauer, Westfall, Dias (2012), a lei de Kirchhoff das malhas estabelece que “a diferença de potencial ao longo de uma malha fechada de circuito deve ser igual a zero” (BAUER, WESTFALL, DIAS, 2012, p.164). Bauer, Westfall, Dias (*op.cit.*) também define malha de um circuito como “qualquer conjunto de fios e elementos de circuito que formam um caminho fechado” (BAUER, WESTFALL, DIAS, *op.cit.*). Observando a Figura 3.21, constatamos que o circuito tem três caminhos fechados, ou seja, três malhas α_1 , α_2 , α_3 . Tipler (2009, p.164) afirma que a lei das malhas “segue diretamente da presença de um campo magnético conservativo $\vec{E}$. Dizer que um campo é conservativo significa dizer que:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0. \quad (3.32)$$

Como

$$\Delta U = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{r}, \quad (3.33)$$

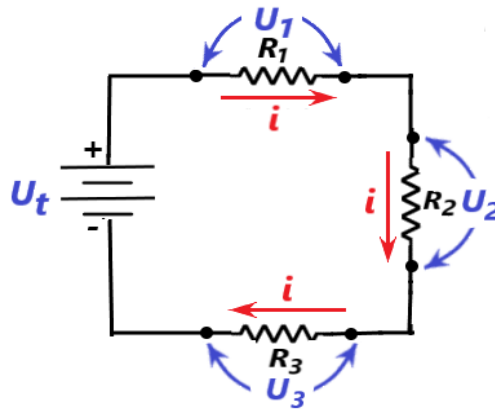
isso implica dizer que as variações das tensões ΔU ao longo de uma malha é igual a zero, ou seja $\Delta U=0$. Então, podemos concluir, observando a Figura 3.22 e a lei das malhas, que:

$$\Delta U = -U_1 - U_2 - U_3 + U_t = 0 \rightarrow U_t = U_1 + U_2 + U_3. \quad (3.34)$$

Significa dizer que a tensão aplicada U_t em um circuito, é igual à soma das quedas de potencial U_1 , U_2 , U_3 que ficam em cada resistor R_1 , R_2 e R_3 , respectivamente. Para n resistores temos:

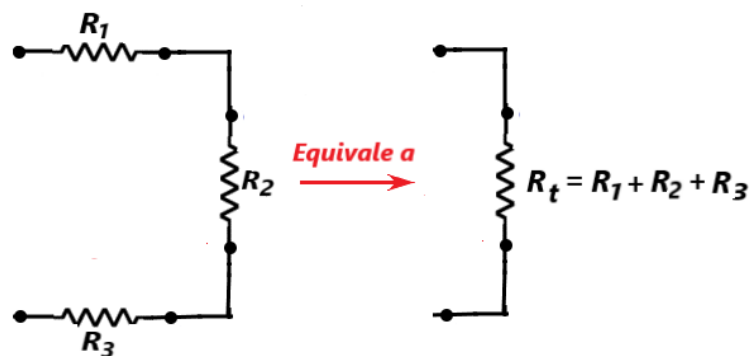
$$U_t = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n. \quad (3.35)$$

Figura 3.22 – Tensão total U_t é igual à soma das tensões U_1 , U_2 , U_3 .



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

Figura 3.23 – Resistência total ou equivalente correspondente à soma das resistências individuais R_1 , R_2 e R_3 .



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

Da equação (3.34), podemos deduzir a terceira característica de uma associação em série:

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3 \rightarrow U_t = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i \rightarrow U_t = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i \rightarrow$$

$$\frac{U_t}{i} = R_1 + R_2 + R_3 \rightarrow R_t = R_1 + R_2 + R_3. \quad (3.36)$$

A equação (3.36) expressa a terceira característica de uma associação em série de resistores, ou seja, a resistência total ou equivalente é igual à soma das resistências individuais dos resistores em um circuito (Figura 3.23). Para n resistores a resistência total fica:

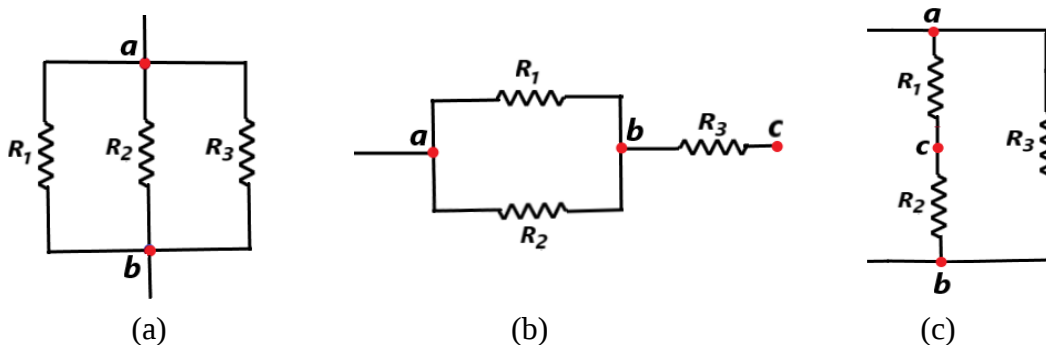
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n. \quad (3.37)$$

As características citadas acima foram restritas a uma associação de apenas três resistores associados em série, no entanto, as regras podem ser usadas por n resistores.

3.6.2 - Associação em paralelo de resistores

A maneira em que os resistores da Figura 3.24(a) estão ligados, constitui uma associação em paralelo de resistores. Aprender a identificar se uma ligação está em série ou paralelo é de extrema importância quando precisarmos aplicar as leis que regem tais associações. Boylestad (2012) apresenta uma visão geral de resistores ligados em paralelo afirmando que “dois elementos, ramos ou resistores estão em paralelo se tiverem dois pontos em comum” (BOYLESTAD, 2012, pg.160).

Figura 3.24 – Dois ou mais resistores estão associados em paralelo quando possuem dois pontos em comum. (a) Os três resistores estão associados em paralelo. (b) Apenas os resistores R_1 e R_2 estão em paralelo. (c) Os três resistores não estão associados em paralelo.



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

Pela definição de Boylestad (2012) citada acima, a Figura 3.24(a) representa três resistores com dois pontos em comum a e b indicando que estão associados em paralelo. Na Figura 3.24(b), os resistores R_1 e R_2 estão associados em paralelo com dois pontos em comum

a e b , no entanto, o resistor R_3 não está em paralelo nem com R_1 e nem com R_2 , pois não tem dois pontos em comum com os dois resistores, estando o ponto c livre. Já Figura 3.24(c), R_3 não tem dois pontos em comum com R_1 e R_2 , portanto não está em paralelo com os dois resistores. R_1 também não está em paralelo com R_2 na Figura 3.24(c), pois os dois resistores não têm dois pontos em comum, possuindo apenas um ponto c comum a eles. Dizemos que os resistores ligados com a configuração representadas nas Figuras 3.24(b) e 3.24(c) formam uma associação mista, ou seja, une as associações em série e paralelo num único circuito.

Observando a Figura 3.25, percebemos que todos os resistores e bateria têm os dois pontos em comum, ou seja, todos os elementos estão ligados em paralelo, significando que todos os resistores estão sujeitos à mesma tensão da bateria. Portanto, numa associação em paralelo de resistores a tensão aplicada a um circuito, através de uma fonte de tensão, é igual à tensão em cada resistor. Então temos que:

$$U_t = U_1 = U_2 = U_3. \quad (3.38)$$

Para n resistores temos:

$$U_t = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n. \quad (3.39)$$

Observamos esta característica nas tomadas de nossa casa (Figura 3.26). Se pegarmos o multímetro e medirmos a diferença de potencial em cada tomada encontraremos aproximadamente 220V na região nordeste, isso indica que as tomadas são ligadas em paralelo.

Figura 3.25 – Os três resistores R_1 , R_2 e R_3 associados em paralelo e sujeitos a uma mesma tensão.

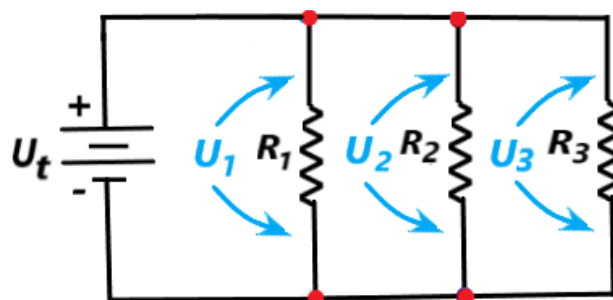
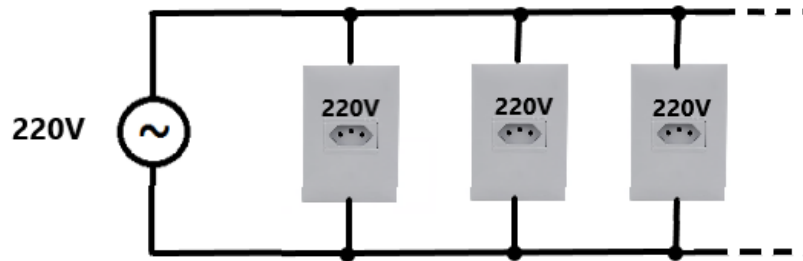


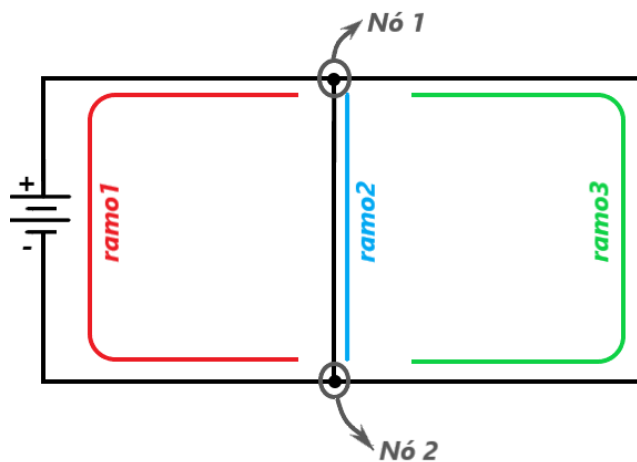
Figura 3.26 – Tomadas de uma residência ligadas em paralelo.



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

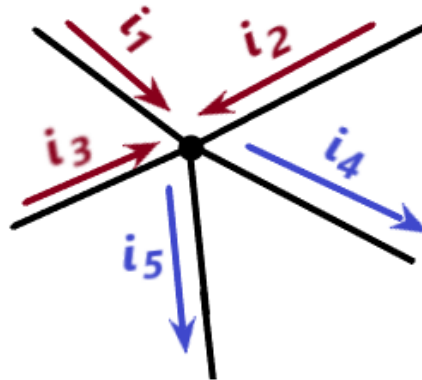
Antes de falarmos da segunda característica de uma associação em paralelo, abordaremos a lei dos nós de Kirchhoff, apresentada por Young e Freedman (2009) que diz que “a soma algébrica das correntes que entram ou saem de um nó é igual a zero” (YOUNG e FREEDMAN, 2009, p.173). Definimos *nó* como o encontro de dois ou mais terminais em um circuito e *ramo* o caminho entre dois nós (Figura 3.27).

Figura 3.27 – Circuito com dois nós e três ramos.



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

Figura 3.28 – A soma das correntes i_1 , i_2 e i_3 que entram no nó é igual a soma das correntes i_4 e i_5 que saem do nó.

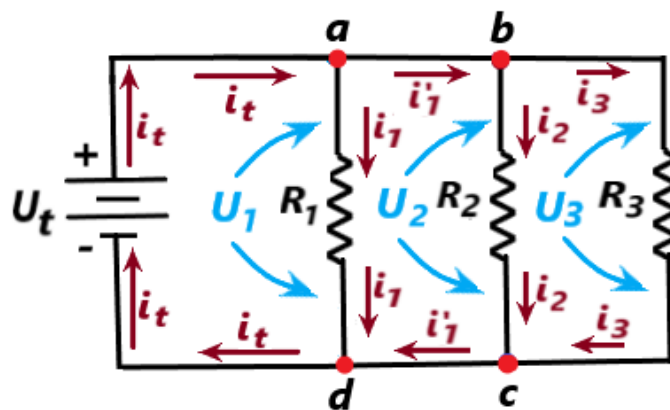


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Na Figura 3.27, temos um circuito com três caminhos ligados a dois nós, ou seja, temos três ramos, ramo1, ramo2 e ramo3. A lei dos nós de Kirchhoff expressa a lei de conservação das cargas elétricas e pode ser anunciada como: a soma das correntes que entram em um nó é igual a soma das correntes que saem desse nó. Analisando a Figura 3.28, temos as correntes i_1 , i_2 e i_3 entrando no nó e as correntes i_4 e i_5 saindo do nó de modo que $i_1 + i_2 + i_3 = i_4 + i_5$.

Na associação de resistores em paralelo da Figura 3.29, a corrente que sai da fonte, chamada de corrente total i_t se divide em duas correntes i_1 e i'_1 no nó a , de modo que $i_t = i_1 + i'_1$. No nó b , i'_1 se divide em i_2 e i_3 , que corresponde a $i'_1 = i_2 + i_3$. No nó c , i_2 se junta a i_3 formando i'_1 , ou seja, $i_2 + i_3 = i'_1$. Por fim, i_1 se soma a i'_1 formando i_t , ou seja, $i_1 + i'_1 = i_t$.

Figura 3.29 – Configuração das correntes em cada ramo de uma associação em paralelo de resistores.



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

Como o $i_t = i_1 + i'_1$ e $i'_1 = i_2 + i_3$, concluímos que $i_t = i_1 + i_2 + i_3$, ou seja, numa associação em paralelo de resistores, a corrente total é igual à soma das correntes em cada ramo do circuito. Para n ramos temos que:

$$i_t = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n. \quad (3.40)$$

Do exposto acima, podemos chegar a outra característica de uma associação em paralelo de resistores. Como $i_t = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$, pela lei de Ohm $i = U/R$ e $U_t = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$, temos:

$$\frac{U_t}{R_t} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \dots + \frac{U_n}{R_n} \rightarrow \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (3.41)$$

Por meio da equação (3.40), calculamos a resistência total ou equivalente R_t de uma associação em paralelo de resistores. Para dois resistores podemos simplificar a equação (3.41) em:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_t} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2} \rightarrow R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}. \quad (3.42)$$

Quando temos um conjunto com n resistores iguais associados em paralelo, podemos encontrar a resistência total ou equivalente da associação por meio da equação abaixo:

$$R_t = \frac{R_n}{n} \quad (3.43)$$

Finalizado os conceitos físicos, apresentaremos a seguir a Metodologia.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo, falaremos qual foi a metodologia aplicada na sequência didática do produto educacional. Inicialmente, apresentaremos a instituição e a estrutura física em que foi aplicado o produto e logo após apresentaremos o público alvo ao qual foi destinado o produto. Em seguida apresentaremos a sequência didática da realização do trabalho.

4.1 - INFORMAÇÕES SOBRE A ESCOLA

O produto educacional foi aplicado no IFPB, campus Cabedelo, localizado na rua Santa Rita de Cássia, 1900, Jardim Camboinha, na Paraíba. Cabedelo é uma cidade portuária e assentada em uma faixa de terra entre o Oceano atlântico e o Rio Paraíba. As principais atividades econômicas da cidade de Cabedelo são a indústria, o comércio e a prestação de serviços. Como é uma cidade praieira, algumas pessoas vivem também da pesca. Nossos alunos vêm de diferentes contextos sociais, históricos e econômicos e o IFPB-CB oferece diversas estruturas físicas e assistenciais para recebê-los e acompanhá-los da melhor forma possível de modo que os mesmos saiam da instituição como um agente ativo na mudança mais justa da nossa sociedade.

Os cursos oferecidos neste campus são: Técnico em Meio Ambiente (MA), Recursos Pesqueiros (RP), Multimídia (MM) subsequente e integrado, Química (subsequente), Panificação e Pesca (PROEJA), Licenciatura em Biologia, Licenciatura em Letras (Ead) e Tecnologia em Design Gráfico.

A estrutura do IFPB-CB é composta por: Laboratórios de Química, Física, Biologia, Informática e Panificação, um auditório, uma biblioteca, um restaurante para professores e estudantes e, neste ano de 2024, recebeu investimento para o ginásio poliesportivo e usina fotovoltaica. As salas de aula são climatizadas e a maioria tem televisão. É formado por três prédios, um da administração (Figura 4.1) possuindo dois andares, e mais dois prédios com salas de aula (Figura 4.2), cada um possuindo três andares.

Figura 4.1 – Prédio da administração



Fonte: <https://www.ifpb.edu.br/materias/campus-cabedelo-selecion-para-vagas-remanescentes-do-psct-2018.2/ifpb-campus-cabedelo-copia.jpg/view>

Figura 4.2 - Prédios das salas de aula.



Fonte: <https://www.ifpb.edu.br/cabedelo/ensino/coordenacoes-de-curso>

O laboratório de física tem apenas um experimento de diferentes áreas da física, permitindo apenas a aplicação de aulas demonstrativas devido à quantidade de alunos em sala de aula. Para suprir esta dificuldade na aplicação do produto educacional, parte do material obtido para a prática das experiências do produto foi emprestado da UFRPE e outra parte obtida com recursos próprios.

Atualmente, o IFPB-CB possui dois professores de física que dividem suas aulas entre os cursos existentes no campus. Um professor é formado em licenciatura em física com mestrado em mecânica e eu, formado em licenciatura em física pela UFRN e pós-graduado em psicopedagogia institucional.

4.2 - PERFIL DOS ALUNOS

O produto foi aplicado na turma do terceiro ano MA (Meio Ambiente). A turma é constituída de trinta e sete alunos cujas idades estão na faixa dos 15 a 18 anos. Os alunos vêm de diferentes contextos sociais e econômicos e grande parte são provenientes de famílias de baixa renda de um a três salários mínimos e uma pequena parte vêm de famílias que recebem menos de um salário mínimo e dependem de bolsas oferecidas pela instituição para se manterem estudando. Muitos alunos também cursaram o ensino fundamental em escolas públicas. A maioria tem *smartphones ou tablets* que foram oferecidas pelo IFPB-CB na época da pandemia da COVID 19.

4.3 - COMPETÊNCIAS E HABILIDADES QUE SERÃO DESENVOLVIDAS

Este trabalho tem a pretensão de fornecer aos professores, licenciandos e licenciados, através de uma sequência didática, uma base teórica sobre a metodologia ativa de ensino, chamada Sala de Aula Invertida, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e também sobre os princípios básicos da eletrodinâmica. Estes conhecimentos servirão como norteadores dos processos pedagógicos que serão usados na aplicação do produto educacional, evidenciando a importância da realização de experimentos e a utilização de uma metodologia ativa de ensino. A sequência didática permitirá aos alunos utilizarem tecnologias para construção do conhecimento científico e aplicação no seu cotidiano de modo que os mesmos

aprendam conceitos sobre eletricidade e realizem experimentos sobre associação em série e paralelo de resistores compreendendo que estas leis são usadas em equipamentos eletroeletrônicos. Tem por objetivo desenvolver, nos alunos, habilidades e competências, possibilitando que os mesmos observem, na prática, o funcionamento de dispositivos com resistências ôhmicas e não-ôhmicas e as leis que regem uma associação em série e paralelo de resistores. Com o uso de tecnologia (multímetro e *protoboard*), os alunos medirão corrente, tensão, resistências e constatarão a aplicação da Primeira Lei de Ohm nos circuitos. Como a eletricidade está presente na vida das pessoas, o estudo destes fenômenos se aproximará do contexto social em que a maioria dos alunos fazem parte. Trabalhar a evolução dos conceitos também será importante, pois os conceitos científicos são historicamente construídos. Dentro dessa perspectiva, citarei algumas habilidades e competências presentes na BNCC que serão utilizadas no produto.

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.

2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

3. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

4.4 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Nas metodologias ativas de aprendizagem, o aluno é o protagonista na construção do seu conhecimento e a função do professor é planejar e direcionar as ações para que ocorra a aprendizagem. O cronograma de execução foi o primeiro passo no planejamento da aplicação do produto educacional.

Dia	Data	Aulas (50min)	Temas	Atividades
1º	04/10/2023	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 do 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	11/10/2023	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>YouTube</i> . 2. Tirar dúvidas sobre leitura do código de cores dos resistores; 3. Ler em casa as páginas de 06 a 10 e os Apêndices B e C da apostila para a 3ª aula.
3º	18/10/2023	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 10 a 13 da apostila para a 4ª aula.
4º	25/10/2023	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 13 e 14 da apostila para a 5ª aula.
5º	01/11/2013	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 15 a 18 da apostila para a 6ª aula.
6º	08/11/2023	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).
7º	15/11/2023	2	1. Avaliação	1. Fazer uma atividade avaliativa da aprendizagem.

4.5 - SEQUÊNCIA DIDÁTICA

- **Primeira aula (2 tempos de 50min)**

Na primeira aula houve um esclarecimento de como seria a aplicação do produto. Foi explicado a definição de metodologia ativa e de sala de aula invertida. Foram formados grupos de três ou quatro alunos para a realização das experiências em eletrodinâmica e também o grupo no *WhatsApp* (Figura 4.3) no qual foi enviado a apostila elaborada pelo professor (Apêndice B) e vídeos referentes aos temas em estudo. Neste dia foi aplicado também um questionário diagnóstico contida no Apêndice A (Figura 4.4) com o objetivo de sondar os conhecimentos prévios e possíveis subsunçores dos alunos para um melhor planejamento das aulas. O IFPB disponibilizou uma sala virtual no *Google Classroom* para cada turma em que o professor leciona, portanto não precisou criá-la. Para colocarmos a apostila e os vídeos do *You Tube*, fomos na guia *Atividades* (Figura 4.5), clicamos na guia *Material* (Figura 4.6) e, na janela que se abriu, colocamos o título, a descrição do material e anexamos os arquivos e os links dos vídeos. Os alunos foram orientados a fazer a leitura do Apêndice B (páginas de um a seis e 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*, colocados pelo professor no *WhatsApp* durante a semana. A apostila foi elaborada de modo que fosse potencialmente significativa.

Figura 4.3 - Formação dos grupos para as atividades experimentais.



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

Figura 4.4 – Alunos respondendo o questionário diagnóstico.



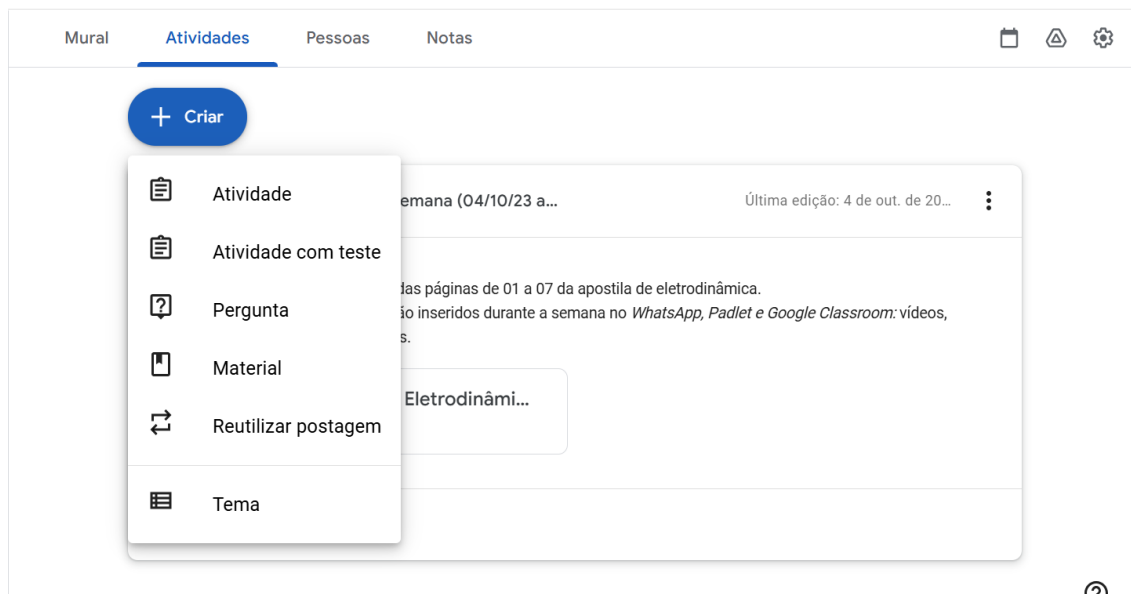
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Figura 4.5 – Janela da guia *Mural* do *Google Classroom*.



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

Figura 4.6 – Janela da guia *Atividades* do *Google Classroom*.



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

- **Segunda aula (2 tempos de 50min)**

Na segunda aula foram tiradas as dúvidas com relação à leitura da apostila, embora os alunos já tivessem visto os conceitos de carga elétrica e potencial elétrico no primeiro e segundo bimestres respectivamente. Alguns conteúdos da apostila, referentes à leitura da presente aula, serviram de revisão do que já foi visto nos bimestres anteriores. Também foram tiradas dúvidas, de maneira expositiva (Figura 4.7), referentes a condutores e isolantes, tensão e corrente elétricas. Nesta aula, também foram feitos alguns ajustes e colocação dos alunos, que faltaram na aula anterior, em algum grupo. Foi tirada dúvidas com relação à leitura do código de cores de resistores, cujo assunto se encontra no Apêndice B (ver Apêndice A da apostila). Esta aula também serviu de preparação para a realização dos experimentos das aulas posteriores. Em seguida, os alunos foram orientados a ler as páginas de seis a dez e os apêndices B e C da apostila.

Figura 4.7 – Professor tirando dúvidas dos alunos sobre conteúdos da apostila numa aula expositiva.



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

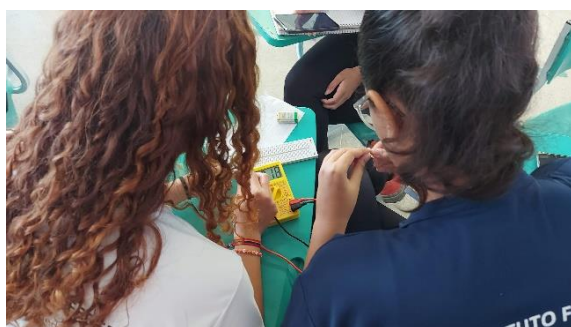
- **Terceira aula (2 tempos de 50min)**

Os minutos iniciais desta aula foram utilizados para tirar dúvidas referentes a resistência elétrica campo elétrico e efeito Joule. Em seguida, foram formados os grupos para a realização de experiências práticas. Foi entregue para cada grupo uma bateria de 9V e resistores de $1k\Omega$,

2,2 k Ω e 3,3k Ω , um *protoboard* e um multímetro, cujas explicações se encontram no Apêndice B (ver os Apêndices A, B e C da apostila). Após uma breve explicação sobre o uso do multímetro pelo professor, os alunos foram orientados a ler o código de cores de cada resistor com as respectivas tolerâncias e fazer a medida com o multímetro (Figuras 4.8(a), 4.8(b), 4.8(c)). Posteriormente, os alunos mediram a tensão contínua constante da bateria. Os alunos que tiveram maior compreensão dos temas, foram ajudando outros alunos junto com o professor, estimulando assim a discussão, colaboração, negociação de informações e a interação, típicas de uma aprendizagem ativa e significativa (Figura 4.8(d)). Por fim, os alunos foram orientados a lerem em casa as páginas de 10 a 13 da apostila para quarta aula e a assistirem o vídeo relacionado à lei de Ohm, do canal Física com Douglas (Resistência Elétrica e Primeira Lei de Ohm), no *You Tube*.

É importante notar que o professor tem que ter bastante conhecimento e segurança no uso do multímetro, principalmente na medida da tensão elétrica da rede, pois a falta de conhecimento e prática podem ocasionar acidentes.

Figuras 4.8 – Alunos medindo o valor da resistência dos resistores (Figuras (a), (b) e (c)). Aluno colaborando e interagindo com os colegas (Figura (d)).



(a)



(b)



(c)



(d)

- **Quarta aula (3 tempos de 50min)**

Os primeiros minutos dessa aula foram destinados a tirar dúvidas referentes à leitura da apostila, que se iniciou a partir da lei de Ohm. Foram tiradas as dúvidas referentes à lei de Ohm, potência, circuitos elétricos, resistência ôhmica e não-ôhmica. Formaram-se 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 (Apêndice D da apostila contida no Apêndice B). Em seguida eles traçaram o gráfico da corrente versus tensão no diodo para observar como se comporta uma resistência não-ôhmica (Apêndice E da apostila contida no Apêndice B). Como só tinha uma fonte de tensão contínua variável, foi feito um rodízio, pois enquanto os alunos de um grupo faziam o experimento (Figuras 4.9 (a) e (b)), os outros iam tirando as dúvidas que ainda permaneciam. Após o término dos dois experimentos, os alunos foram orientados a fazerem a leitura das páginas 13 e 14 da apostila 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 a quinta aula.

Figura 4.9– Alunos fazendo medições em um diodo vermelho para traçar e analisar o gráfico da corrente versus tensão em uma resistência não-ôhmica.



(a)



(b)

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

- **Quinta aula (2 tempos de 50min)**

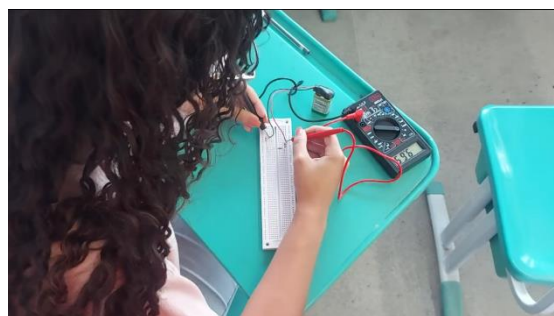
Como nas aulas anteriores, os primeiros minutos foram destinados a tirar dúvidas com relação à associação em série de resistores. Posteriormente, foi entregue para cada grupo um multímetro, resistores de $1\text{k}\Omega$, $2,2\text{k}\Omega$ e $3,3\text{k}\Omega$, um *protoboard* e uma bateria de 9V com o conector. Logo após os alunos seguiram os passos contidos no Apêndice B (ver Apêndice F da

apostila), ou seja, no primeiro passo calcularam a resistência total, a corrente total e a tensão em cada resistor. No segundo passo montaram o circuito no *protoboard* ligando os resistores em série alimentado por uma tensão contínua constante de 9V e fizeram as medidas da resistência total (Figura 4.10(a)), tensão total (Figura 4.10(b)) e da tensão em cada resistor. Em seguida, no terceiro passo, colocaram o multímetro em série e em várias posições no circuito para a medida da corrente total (Figuras 4.10 (c) e (d)). No quarto passo foi pedido para os alunos somarem a tensão medida de cada resistor e compararem com a tensão total de modo que, por indução, eles concluam que a soma da tensão que fica em cada resistor é igual à tensão da fonte. Há uma pergunta no quinto passo induzindo 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, foi perguntado aos alunos se os valores calculados coincidiram com as medidas feitas e, caso houvesse diferença, que eles argumentassem com o professor o porquê da ocorrência de tal fato. Por último, os alunos foram orientados a ler o Apêndice B (páginas de 15 a 18 da apostila) 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.

Figura 4.10 – Alunos fazendo medidas de diversas grandezas elétricas numa associação em série de resistores. (a) Aluna medindo a resistência total. (b) Aluna medindo a tensão total. (c) e (d) Alunos medindo a corrente total.



(a)



(b)



(c)



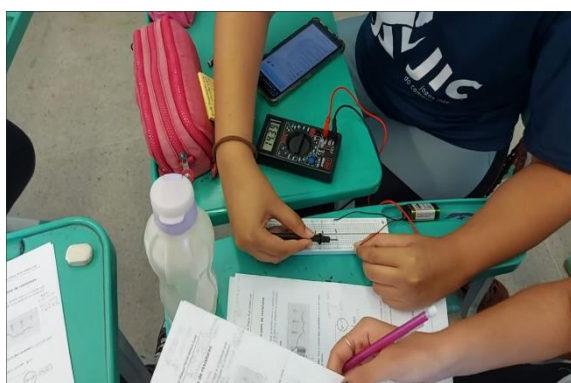
(d)

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

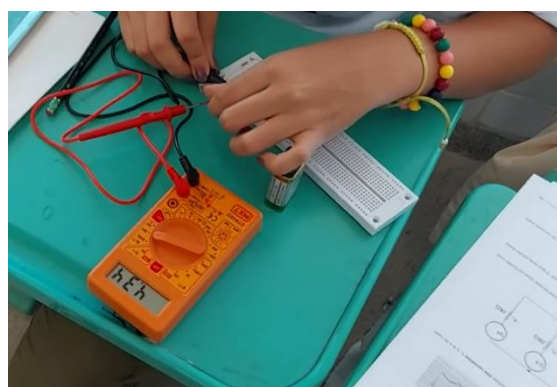
- **Sexta aula (2 tempos de 50min)**

Os primeiros minutos foram destinados a tirar dúvidas referentes à leitura da apostila com relação à associação em paralelo de resistores. Na sequência, foram entregues aos grupos um multímetro, um *protoboard*, resistores de $1k\Omega$, $2,2k\Omega$ e $3,3k\Omega$ e bateria com respectivo conector. Os alunos, sob a orientação do professor, montaram uma associação em paralelo de resistores e seguiram os passos do Apêndice B (ver Apêndice G da apostila). Os estudantes mediram as correntes em cada ramo da associação e depois somaram todas elas. Foi pedido que os alunos somassem as correntes para que, de maneira indutiva, eles concluíssem que a soma das correntes em cada ramo é igual à corrente total (passo três do Apêndice F da apostila contida no Apêndice B). Os alunos mediram a tensão em cada resistor e compararam com a tensão total (quarto passo). No quinto passo foi perguntado se os valores coincidiram com os cálculos e em caso negativo que argumentassem com o professor de o porquê, deu diferente. Em seguida os alunos foram orientados a revisarem em casa os conteúdos para fazer uma avaliação somativa (avaliação das aprendizagens e habilidades adquiridas em determinado período) que seria aplicado na aula seguinte com intuito de saber se houve uma aprendizagem significativa.

Figura 4.11 – (a) Alunos fazendo medições das correntes total e (b) da corrente em um ramo da associação em paralelo de resistores.



(a)



(b)

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

- **Sétima aula (2 tempos de 50min)**

Esta aula foi usada para fazer uma avaliação somativa e verificar se houve alguma aprendizagem. Foi entregue um questionário semelhante ao primeiro, com três questões modificadas e o restante repetidas. Na primeira questão, foi 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, foi perguntado sobre o que o aluno achava 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, foi perguntado se as atividades experimentais facilitaram na construção do conhecimento, de temas da eletrodinâmica, pelos alunos e a resposta dos aprendizes serviu para quantificar o número de alunos que aprovaram essas atividades práticas. Da quarta questão em diante, houve uma repetição do questionário diagnóstico para análise dos resultados que serão descritos a seguir.

5. RESULTADOS

5.1 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO

A mudança de paradigma do ensino tradicional para uma metodologia ativa apresenta avanços e desafios, conforme citado por Sefton e Galini (2023) e Moran (2015). Como fatores positivos, podemos citar o engajamento da maioria dos alunos com a metodologia ativa de ensino chamada sala de aula invertida e grande interesse dos mesmos na realização das atividades experimentais. Porém, a sobrecarga de atividades, o excesso de disciplinas cursadas pelos estudantes, a falta de alinhamento entre os professores além do uso de paradigmas educacionais tradicionais ao longo de décadas nas instituições de ensino, constituíram fatores que dificultaram a mudança de paradigma.

Embora nem tudo tenha transcorrido conforme o planejado, a aplicação do produto alcançou o resultado esperado, pois é normal ocorrerem alguns imprevistos e por isso algumas mudanças de planos ocorreram conforme o produto foi sendo aplicado. As aulas não transcorreram conforme a sequência de datas previstas no cronograma, pois os alunos estavam em outras atividades de outras disciplinas. Este problema poderia ser resolvido através de uma ação de planejamento envolvendo outros professores para sabermos exatamente os dias em que tais atividades iriam ocorrer. Por exemplo, entre a primeira e segunda aula, teve um intervalo de duas semanas. Outro fator, de extrema importância, que contribuiu para que houvesse um atraso no cronograma de execução foi a realização do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), pois na semana entre a primeira e segunda prova do ENEM, muitos alunos faltaram e a aula teve que ser cancelada. Todavia, apesar de todos os reverses, a sequência das aulas não foi alterada.

Houve, também, uma certa porcentagem de alunos que não leram a apostila e apenas assistiram os vídeos que foram colocados ou sugeridos e outros nem leram a apostila nem assistiram os vídeos. Muitos estudantes argumentaram que estava no fim do quarto bimestre e devido à grande quantidade de atividades e provas relacionadas ao bimestre, não tiveram o tempo necessário para ler tudo e assistir os vídeos. Parte desses problemas foram sanados com a aula expositiva antes da realização dos experimentos e com os próprios experimentos. Podemos citar alguns fatores para justificar a falta de interesse de alguns alunos, principalmente, pela leitura do material:

1) O primeiro seria a grande quantidade de atividades em que esta turma estava envolvida, pois além das avaliações das quinze disciplinas, os alunos estavam preocupados com o ENEM e participaram de uma viagem no período da aplicação do produto. A grande quantidade de matérias, com turmas chegando a dezessete disciplinas a serem cursadas nos IFs, dificultou a aprendizagem por meio de uma metodologia ativa.

2) Segundo Moreira (2011, p.24), existem “duas condições para a aprendizagem significativa: I - o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e II - o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender”, ou seja, o material deve ser elaborado levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos dentro de um contexto sócio-histórico-cultural. Outro fator importante é o aluno querer aprender significativamente, ou seja, “o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não-literal, a seus conhecimentos prévios. Isso significa predisposição para aprender” (*op. cit.*).

3) O excesso de estímulos existentes na nossa sociedade moderna produz uma grande quantidade de dopamina, hormônio do prazer, que faz com que nós sintamos muito prazer em vídeos curtos e sem objetivos em detrimento ao gasto de energia na aprendizagem por meio da leitura. Desmurget (2021) fala que o uso exagerado de telas está fazendo com que esta geração de jovens tenha um QI menor do que a geração passada e fala também que quanto maior o consumo do uso de *smartphone*, mais o desempenho escolar despenca.

A seguir, falaremos do resultado do trabalho com relação à aprendizagem do aluno que, apesar da complexidade, alcançou os objetivos.

5.2 - AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Para avaliarmos a aprendizagem dos alunos ao longo da aplicação do produto educacional, foi feito, primeiramente, um *questionário diagnóstico prévio* (Apêndice A) para conhecermos se os alunos já tiveram algum contato com algum conteúdo teórico ou prático relacionado ao assunto. No final da aplicação do produto foi dado outro *questionário final* (Apêndice C) com a repetição de algumas questões, principalmente as quantitativas. As questões conceituais foram observadas ao longo da aplicação do produto. Mesmo que alguns alunos tenham resolvido as questões quantitativas com êxito, isso não significa que houve aprendizagem significativa, pois para Moreira (2011), na aprendizagem significativa, deve-se observar se houve

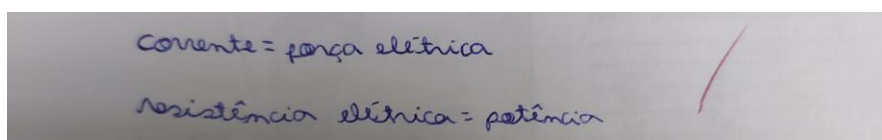
captação de significados e capacidade de transferir conhecimento a situações não conhecidas e não rotineiras. Na subseção abaixo tem-se uma análise dos resultados dos dois questionários.

5.3 - ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS E EXPERIMENTOS

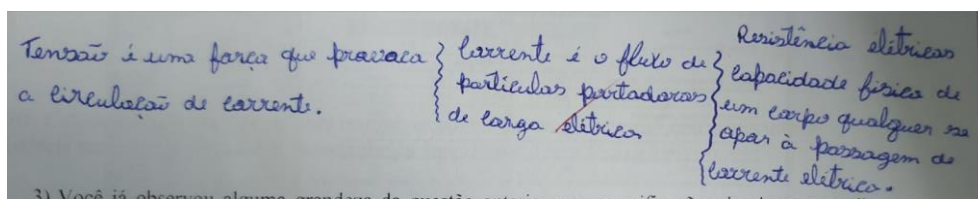
5.3.1 - Questionário diagnóstico

O questionário foi aplicado ao 3º ano do curso técnico em Meio Ambiente no qual compareceram trinta e seis alunos de um total de trinta e sete. Na primeira questão do *questionário diagnóstico prévio* (Apêndice A) foi perguntado quais aparelhos eletroeletrônicos os alunos mais utilizavam no seu cotidiano. Todos os trinta e sete alunos responderam esta questão, indicando que eles têm algum contato com aparelhos ou dispositivos que utilizam leis da eletricidade para seu funcionamento.

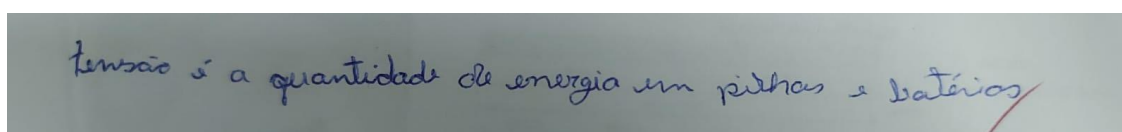
Na segunda questão foi perguntado se eles sabiam qual o significado da tensão, corrente e resistência elétricas. Cerca de 36% não responderam, 33% responderam erroneamente, 28% responderam parcialmente corretos e 3% responderam corretamente. Vejamos abaixo a resposta de quatro alunos.



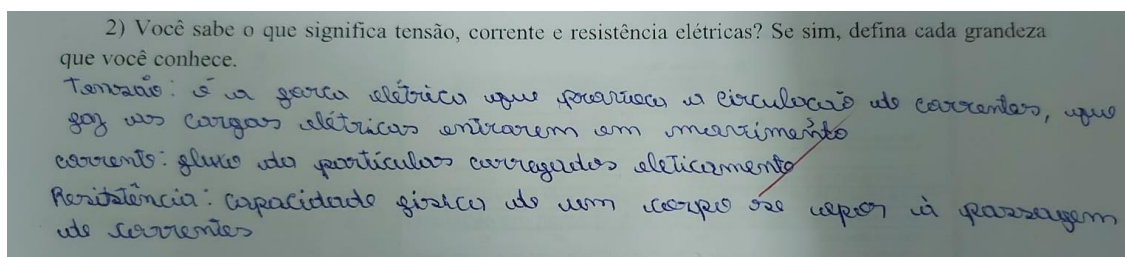
Corrente = força elétrica
Resistência elétrica = potência



Tensão é uma força que provoca a circulação de corrente.
Corrente é o fluxo de partículas portadoras de carga elétrica.
Resistência elétrica é a capacidade física de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica.

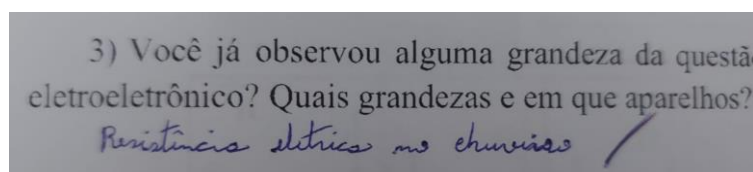


Tensão é a quantidade de energia em pilhas e baterias



Analisando a resposta dos alunos que responderam à segunda questão, deu para se fazer um balizamento do que foi trabalhado na apostila e em sala de aula de modo que houvesse uma possível mudança dos subsunçores através de uma negociação de significados. Citando como exemplo o aluno que respondeu que a “tensão é a quantidade de energia em pilhas e baterias”. Podemos responder que embora tensão e energia sejam grandezas diferentes, elas estão relacionadas e que tensão é a razão entre a energia potencial elétrica e a unidade de carga, tendo como unidade de medida o J/C que é chamada de Volt. Então uma bateria de 9V, fornece uma energia de 9 J para 1C de carga. Outro aluno associou o conceito de resistência elétrica com o de potência, nesse caso podemos explicar o conceito das duas grandezas e mostrar a relação entre ambos.

A terceira questão fez uma relação das grandezas tensão, corrente e resistência com o cotidiano do estudante. Foi perguntado se o aluno já observou alguma grandeza da questão anterior (questão 2) nas especificações de algum aparelho eletroeletrônico e, se a resposta fosse sim, quais eram os aparelhos. Cerca de 61% responderam que sim e 39% responderam que não viram nenhuma especificação com as grandezas tensão, corrente e resistência. Dos alunos que responderam sim, alguns não entenderam a palavra “especificação” e ligaram algum acidente doméstico com uma determinada grandeza e também citaram resistência do chuveiro elétrico, corrente em geladeira, micro-ondas e máquinas de lavar roupas. Podemos ver no exemplo abaixo algumas respostas dos alunos:



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

Sim, choque quando toquei na geladeira (choque fraco).

Corrente: acredito que quando levamos um choque passando corrente elétrica

Fato interessante de ressaltar é que todos nós construímos alguns subsunçores que são formados dentro de um contexto social, histórico e cultural, pois quando um estudante associa uma corrente a um choque elétrico é porque alguém tentou explicar este acidente através da linguagem, tornando um conhecimento especificamente relevante, mesmo a explicação não estando dentro do paradigma das ciências.

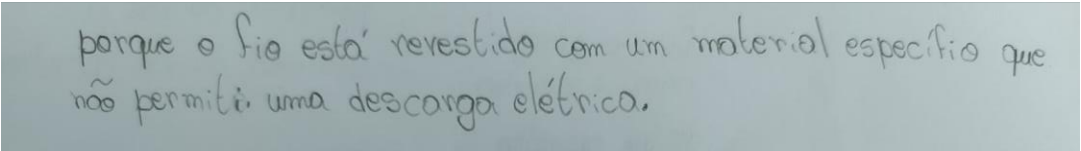
Na questão quatro, foi perguntado qual a função da bateria, do resistor e do interruptor. Foi perguntado também se os alunos sabiam representar a simbologia dos componentes citados acima. Esta questão tinha como objetivo saber se algum aluno tinha um conhecimento mais aprofundado sobre eletrodinâmica. Cerca de 53% dos alunos erraram ou não responderam e 47% acertaram parcialmente, ou seja, teve alunos que colocaram a simbologia certa, mas não colocaram as funções dos componentes e vice-versa.

A questão cinco teve por objetivo saber se os estudantes tinham algum conhecimento sobre a utilização da lei de Ohm. Foi perguntado qual a corrente que passa por um resistor de 20Ω ligado a uma bateria cuja tensão é de 30V. A maioria dos alunos não souberam, correspondendo a cerca de 89% do total. Apenas 11% responderam, mas não colocaram a unidade de medida. A questão seis também está relacionada à lei de Ohm, mas a corrente foi dada em miliampère (mA), para saber se os alunos sabiam usar os múltiplos e submúltiplos e 86% não souberam responder a questão, 3% respondeu corretamente e 11% responderam de forma incorreta, pois não passaram a unidade de corrente de miliampère para ampère.

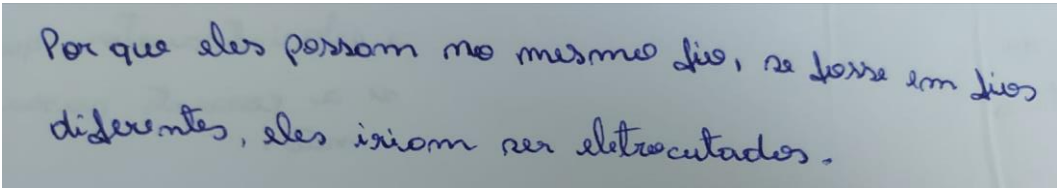
A questão sete do questionário diagnóstico trata do conceito de potência e está relacionada a problemas do cotidiano. A questão dá as especificações técnicas de um chuveiro elétrico

de potência 2800W e 220V ligado na posição morno. Foi perguntado qual o valor da resistência do chuveiro e qual a corrente que circula pelo mesmo na posição morno e por que devemos colocar um disjuntor de 25A. Toda a turma não conseguiu responder, correspondendo a uma porcentagem de 100%.

Na questão oito foi perguntado por que os pássaros não levam choque quando estão com os pés sobre o mesmo fio de uma rede de energia elétrica. Esta questão também faz parte da física relacionada a assuntos do cotidiano. Obtivemos diferentes respostas para esta pergunta que serviu como orientação para tirar dúvidas na aplicação do produto. Vejamos três respostas relacionadas a essa questão:

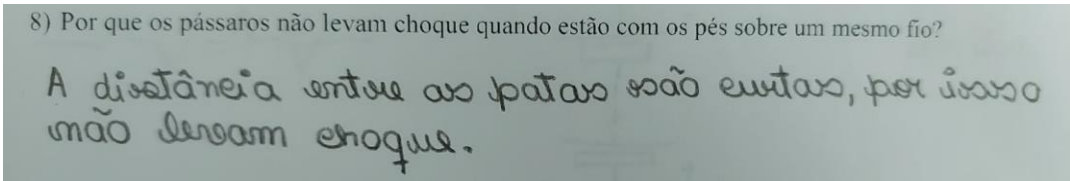


porque o fio está revestido com um material específico que não permite uma descarga elétrica.



Por que eles possuem no mesmo fio, se fosse em fios diferentes, eles iriam ser eletrocutados.

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



A distância entre as patas são curtas, por isso não levam choque.

Embora o revestimento de um fio funcione como um isolante impedindo um acidente através de um choque, conforme citado na primeira resposta, o principal motivo para haver a circulação de corrente é que haja uma diferença de potencial entre dois pontos de um condutor formando um circuito fechado. O fato de o pássaro estar no mesmo fio ou de ter patas curtas favorecem para que não haja uma diferença de potencial entre as patas do pássaro, mas o principal motivo é a ausência de diferença de potencial. Nessa questão, 77% erraram ou não responderam e 23% acertaram.

As questões nove e dez do questionário diagnóstico prévio, relacionadas à associação em série e paralelo de resistores respectivamente, foram elaboradas para obter informações sobre o conhecimento dos alunos com relação às leis que regem uma associação em série e paralelo de resistores e se saberiam usar a lei de Ohm para o cálculo de correntes, tensões de resistores e resistência equivalente de um circuito. Apenas um aluno respondeu de forma incorreta a questão dez e o restante não respondeu as duas questões quantitativas.

Podemos observar que um questionário diagnóstico pode nos orientar para que o processo de ensino e aprendizagem transcorra de maneira mais otimizada, pois serve para diagnosticarmos e nos adiantarmos às diferentes concepções que os alunos trazem do seu aprendizado no cotidiano. Na subsecção abaixo explanaremos o resultado dos experimentos realizados pelos alunos.

5.3.2 – Experimentos

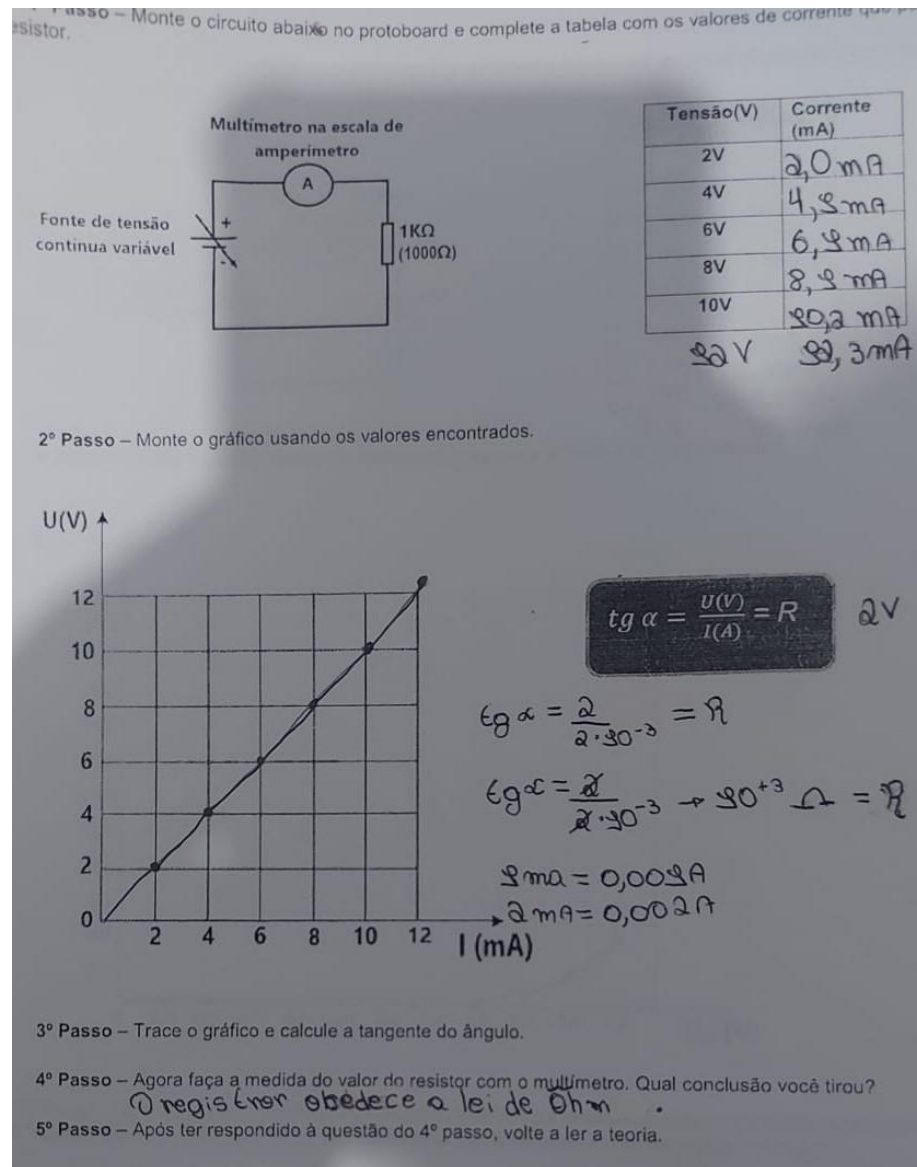
A partir de agora, nos referiremos à apostila do produto educacional que se encontra no Apêndice B.

Antes de realizarmos os experimentos sobre a primeira lei de Ohm, resistência não-ôhmica, experimento com associação em série de resistores e em paralelo de resistores, os alunos aprenderam a identificar a resistência do resistor através do código de cores, a utilizar o *protoboard* e a utilizar o multímetro. Esses passos serviram de preparação para realização dos experimentos.

No experimento sobre a primeira lei de Ohm, os alunos aplicaram diferentes valores de tensão contínua constante num resistor através de uma fonte de tensão variável e mediram o valor da corrente que circulava no circuito, com esses valores eles traçaram o gráfico da tensão versus corrente, calcularam a tangente do ângulo e em seguida eles mediram o valor do resistor. O gráfico traçado pelos alunos coincidiu com o gráfico de uma resistência ôhmica e o valor do resistor coincidiu com o valor real (Figura 5.1). Foi orientado aos alunos dos grupos que entenderam a realização do experimento que ajudassem outros alunos de outros grupos, estimulando assim a solidariedade, colaboração e coparticipação entre os estudantes. O professor também tirou eventuais dúvidas apresentadas pelos alunos referentes ao assunto e à realização dos

experimentos. Abaixo está apresentada a resposta de um aluno com relação ao experimento relacionado à lei de Ohm:

Figura 5.1 – Gráfico traçado por um aluno coincidindo com o gráfico de uma resistência ôhmica cuja tangente concorda com o valor da resistência do resistor.

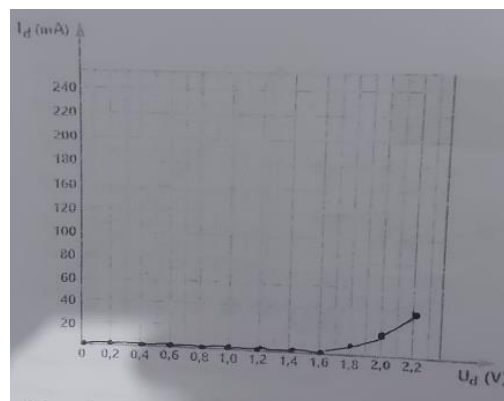
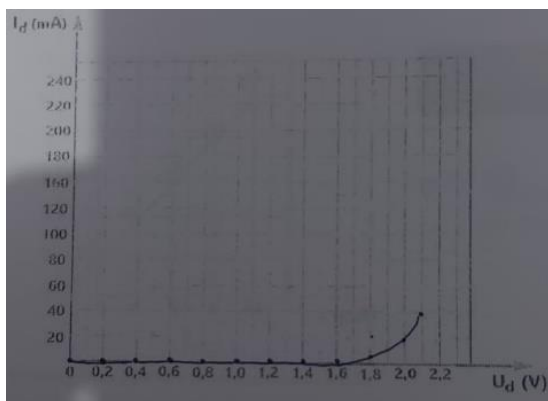


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Após os alunos entenderem os experimentos relacionados à lei de Ohm e o conceito de resistência ôhmica, foi realizado o experimento com resistência não-ôhmica. Para isso, foi utilizado um diodo de cor vermelha (ver Apêndice B, experimento contido no Apêndice E da apostila). É importante observarmos que os gráficos da corrente em função da tensão do diodo

desenhados pelos alunos coincidiram com o gráfico apresentado na Figura 3.12, como podemos ver na Figura 5.2 abaixo:

Figura 5.2 – (a) e (b) Gráficos da corrente (em mA) versus tensão (em V) de um diodo vermelho traçados pelos alunos.



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

Observando o gráfico da Figura 3.12, percebemos que a corrente no diodo vermelho é zero quando a tensão aplicada no mesmo vai de 0 V até aproximadamente 1,8 V, a partir de então a corrente começa a subir vertiginosamente e de maneira não linear comprovando que o diodo possui uma resistência não-ôhmica. O gráfico traçado pelos alunos comprovou o mesmo comportamento.

Os experimentos com associação em série (ver Apêndice F da apostila contido no Apêndice B) e com a associação em paralelo de resistores (ver Apêndice G da apostila contido no Apêndice B) tiveram os resultados conforme o planejado e serviram para os alunos observarem as leis que governam tais associações.

Após feito os experimentos, foi aplicado um questionário final para a análise dos resultados da aprendizagem dos alunos referentes aos assuntos do produto educacional usando a sala de aula invertida e as práticas experimentais. O resultado da análise será abordado na próxima subseção.

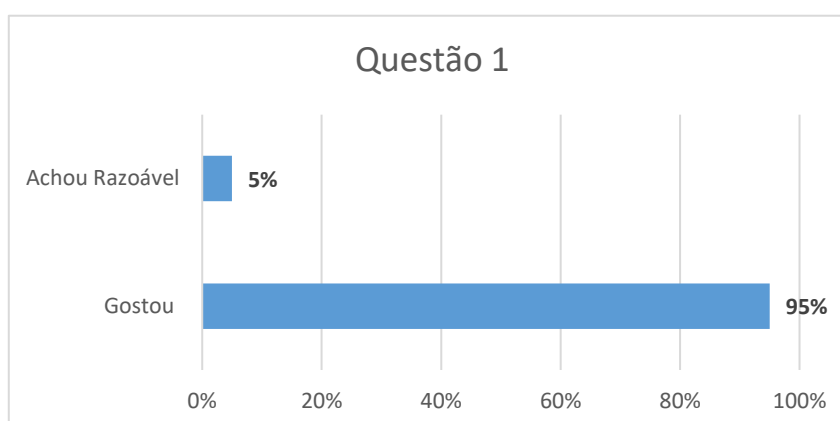
5.3.3 - Questionário final

Conforme exposto anteriormente, foi feito um questionário final (Apêndice C) para a análise dos resultados da aprendizagem onde compareceu toda a turma totalizando 37 alunos.

Este questionário foi idêntico ao primeiro, diferenciando apenas nas três primeiras questões que foram colocadas de modo que o estudante também avaliasse o processo, comparando o método tradicional com a sala de aula invertida e com práticas experimentais. Embora seja difícil avaliarmos se houve realmente uma aprendizagem significativa, os resultados dos questionários servem como parâmetro para saber se houve um entendimento dos alunos relacionado aos conteúdos apresentados na apostila e em vídeos sugeridos por meio das mídias digitais.

Na primeira questão do questionário final, o aluno pôde avaliar a apostila referente ao conteúdo e à diagramação. A maioria dos alunos gostou, constituindo aproximadamente 95% do total e o restante, cerca de 5%, achou razoável (Figura 5.3).

Figura 5.3 – Porcentagem da avaliação dos trinta e sete alunos referentes ao conteúdo e diagramação da apostila.

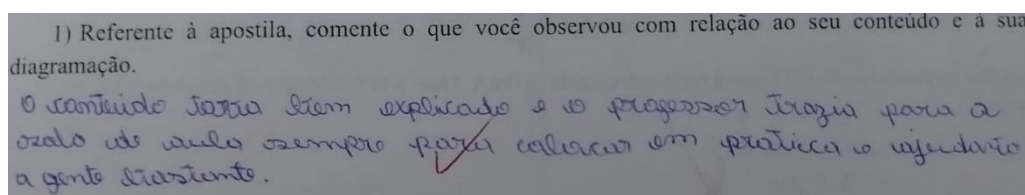


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Vejamos algumas respostas abaixo relacionadas à primeira questão:

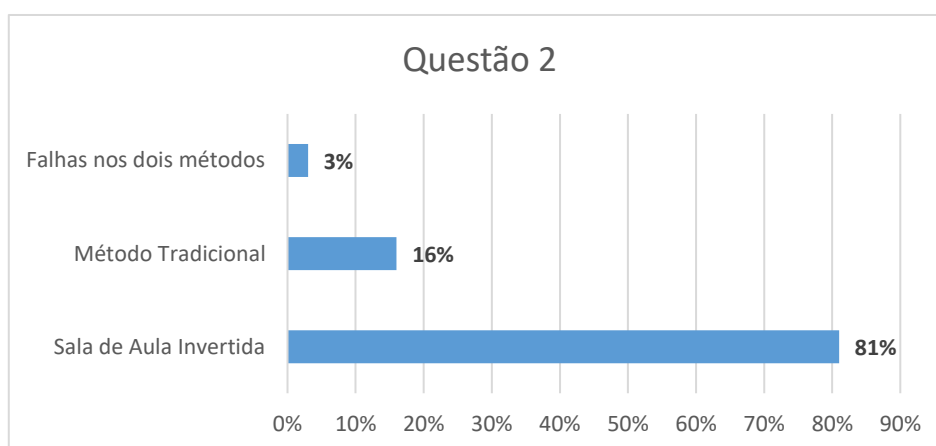
1) Referente à apostila, comente o que você observou com relação ao seu conteúdo e à sua diagramação.

Fei-nos fornecido informações úteis sobre conteúdos da eletrodinâmica, como Lei de Ohm, Potência, corrente elétrica, associações em série e paralelo, além de instruções eficientes de como usar equipamentos para aulas práticas. Toda a apostila foi feita de forma organizada e de fácil entendimento.



Com relação à segunda questão, foi pedido para o aluno fazer uma comparação entre Sala de Aula Invertida, que é uma metodologia ativa, e o Método Tradicional. Cerca de 81% dos alunos elogiaram a Sala de Aula Invertida. Por volta de 16% acharam melhor o ensino tradicional e 3% acharam falhas nos dois métodos. Veja o gráfico abaixo (Figura 5.4):

Figura 5.4 – Porcentagem da avaliação dos trinta e sete alunos referentes ao método tradicional e à sala de aula invertida.



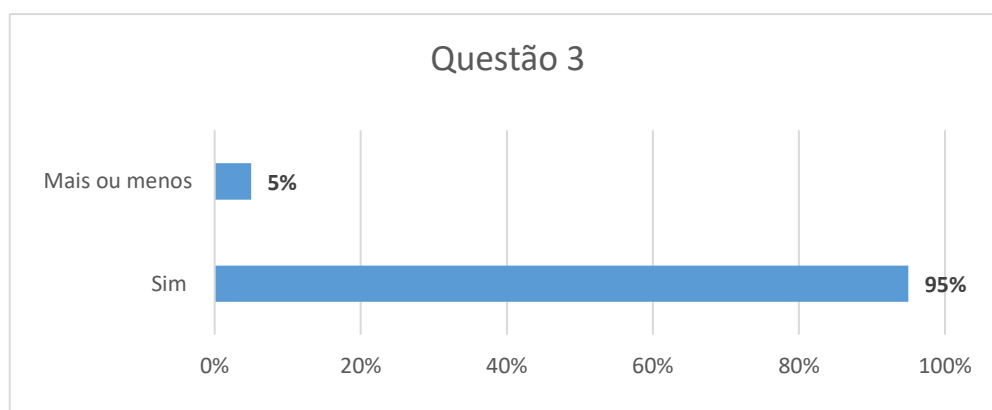
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Uma certa porcentagem dos alunos achou melhor o ensino tradicional, pois a Sala de Aula Invertida é uma metodologia ativa em que os alunos têm que buscar o conhecimento com a orientação do professor, ou seja, o aluno tem que ler e assistir os vídeos em casa e tirar as dúvidas com o professor em sala de aula. Certo aluno comentou que “a metodologia ativa com Sala de Aula Invertida não funciona 100 % para todos os alunos, pois a maioria tem outros compromissos em casa ou trabalham”, ele argumentou ainda que divide a casa com muitos parentes ficando difícil a concentração. Realmente, existem casos em que fica difícil o estudante estudar, pois vive num ambiente social conturbado. Outro aluno argumentou que a metodologia tradicional, por mais que seja cansativa, é a que os estudantes estão mais acostumados, por isso, seria necessário um certo tempo para adaptação à Sala de Aula Invertida (ver resposta abaixo):

A metodologia tradicional por mais que seja conservativa é a forma que os estudantes estão acostumados, então ao passar uma metodologia nova é necessário um tempo para a adaptação dos estudantes. A Dida de Cuda Invertida é uma forma mais didática do que a tradicional e procura desenvolver o aluno de forma prática, no qual se torna mais eficiente.

A questão 3 do questionário final tinha a seguinte pergunta: Com relação às atividades experimentais, elas facilitaram na construção do conhecimento da eletrodinâmica realizada por você? Comente sua resposta. Cerca de 95% disseram que sim, ou seja, consideraram que as atividades experimentais facilitaram o entendimento da eletrodinâmica. Por volta de 5% responderam que essas atividades não ajudaram muito. Dos 5%, um aluno respondeu que as atividades experimentais, às vezes, não faziam sentido para ele. Dois alunos responderam que facilitou mais ou menos (Figura 5.5).

Figura 5.5 – Porcentagem da avaliação dos trinta e sete alunos referentes à importância das atividades experimentais na construção do conhecimento da eletrodinâmica.

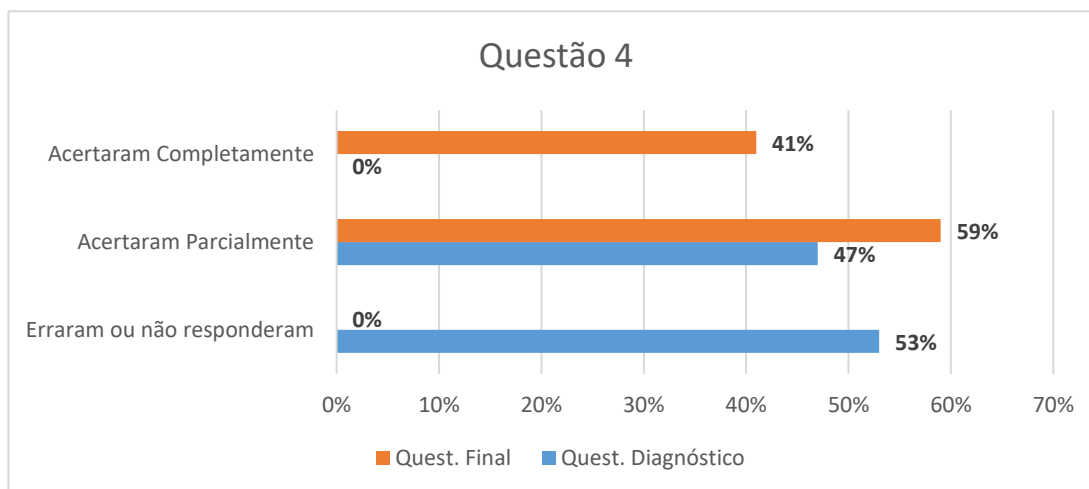


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

A partir da quarta questão do questionário final houve uma repetição das perguntas do questionário diagnóstico. Faremos um comparativo com o questionário diagnóstico através de gráficos para sabermos se houve uma certa evolução no entendimento da eletrodinâmica. Uma diminuição da porcentagem dos que erraram ou não responderam e um aumento dos que acertaram completamente ou parcialmente constitui um fator positivo na análise dos resultados.

Vejamos o gráfico da quarta questão (Figura 5.6) referente à função da bateria, do resistor e do interruptor e suas respectivas simbologias:

Figura 5.6 – Porcentagem dos alunos que acertaram completamente, parcialmente ou que erraram ou não responderam à quarta questão referente à função da bateria, do resistor e do interruptor.

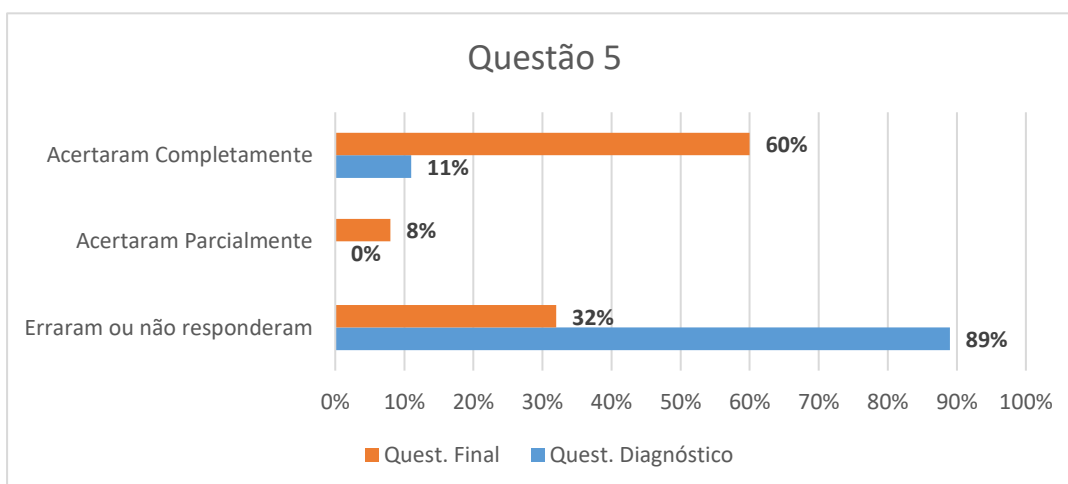


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Observando o gráfico acima, a porcentagem dos que erraram ou não responderam à quarta questão passou de 53% no questionário diagnóstico para 0% no questionário final, ou seja, uma diminuição de 53%. Os que acertaram parcialmente passou de 47% para 59%, um aumento de 12%. Já os que acertaram completamente passou de 0% para 41%, um aumento de 41% de acertos.

Na quinta questão foi dado um valor de resistência e tensão para o aluno calcular o valor da corrente usando a lei de Ohm. Vejamos o resultado no gráfico abaixo:

Figura 5.7 – Porcentagem dos alunos que acertaram completamente, parcialmente ou que erraram ou não responderam à quinta questão referente ao cálculo da corrente através da lei de Ohm.

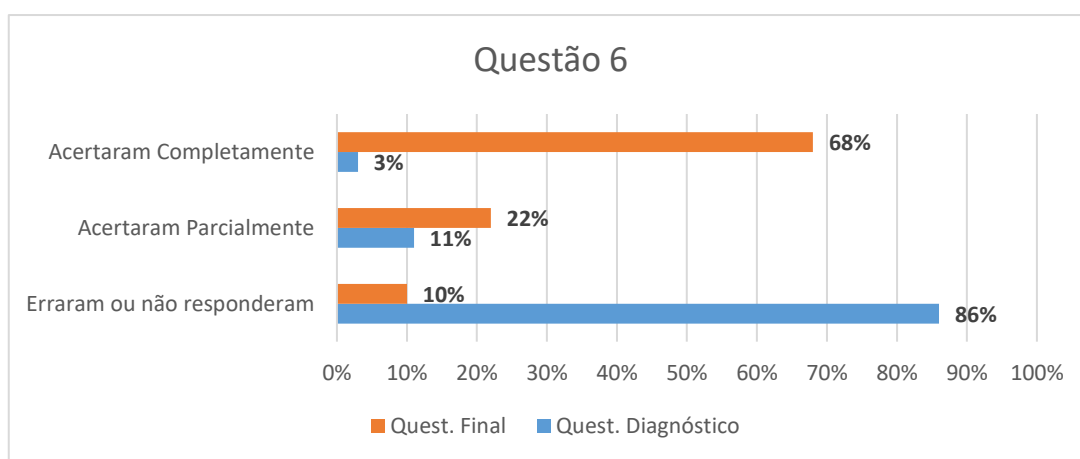


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

Analisando o gráfico acima da quinta questão (Figura 5.7), 89% dos alunos erraram ou não responderam à quinta pergunta do questionário diagnóstico e 32% do questionário final, ou seja, uma diminuição de 57% da porcentagem. Ninguém acertou parcialmente no questionário diagnóstico, havendo um aumento de cerca de 8% no questionário final. Os que acertaram completamente passou de 11% para 60%, havendo um aumento de 49% no número de acertos após a aplicação do produto educacional.

A sexta questão foi bem parecida com a quinta questão. Foi dado o valor da resistência e da corrente em mA e foi perguntado qual a tensão que está sobre o resistor. No questionário diagnóstico, 86% dos alunos erraram ou não responderam, e no questionário final, 10%, ou seja, uma diminuição de 76%. Já os estudantes que acertaram parcialmente formam uma porcentagem de 11% no questionário diagnóstico e 22% no questionário final, aumentando a porcentagem em 11%. A porcentagem de alunos que acertaram completamente a questão (questionário diagnóstico) foi de 3% e de 68% (questionário final), ou seja, houve um aumento de 65% na quantidade de acertos dos alunos após a aplicação do produto (Figura 5.8).

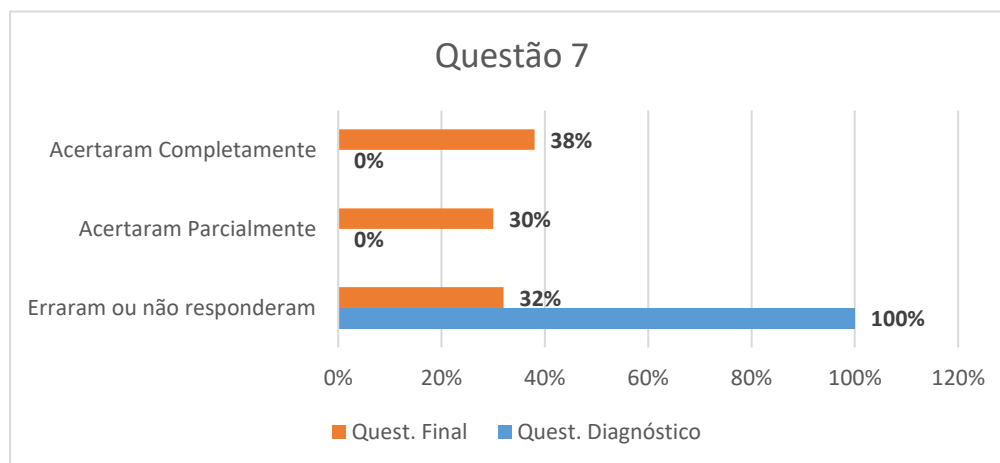
Figura 5.8 – Porcentagem dos alunos que acertaram completamente, parcialmente ou que erraram ou não responderam à sexta questão referente ao cálculo da resistência através da lei de Ohm.



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

Ninguém conseguiu responder a sétima questão do questionário diagnóstico. Com relação à sétima questão do questionário final, 32% dos alunos erraram ou não fizeram, 30% acertaram parcialmente e 38% acertaram completamente conforme o gráfico da questão 7 (Figura 5.9) abaixo:

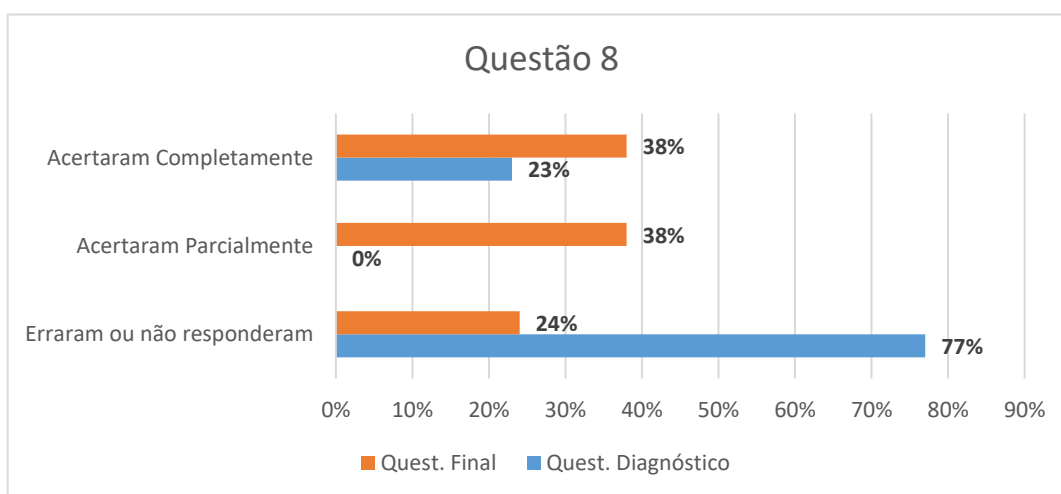
Figura 5.9 – Porcentagem dos alunos que acertaram completamente, parcialmente ou que erraram ou não responderam à sétima questão referente ao cálculo da potência de um chuveiro.



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

Na oitava questão, referentes ao questionário diagnóstico e ao questionário final respectivamente, 77% e 24% dos alunos erraram ou não responderam, uma diminuição de 53%. 0% e 38% acertaram parcialmente, ou seja, ninguém respondeu essa questão no questionário diagnóstico, mas 38% dos alunos responderam essa questão no questionário final, mostrando uma evolução na compreensão do conteúdo após a aplicação do produto educacional. Cerca de 23% e 38% dos alunos responderam à questão 8 do questionário diagnóstico e final respectivamente, havendo um aumento de 15% de acertos. Veja o gráfico (Figura 5.10) abaixo:

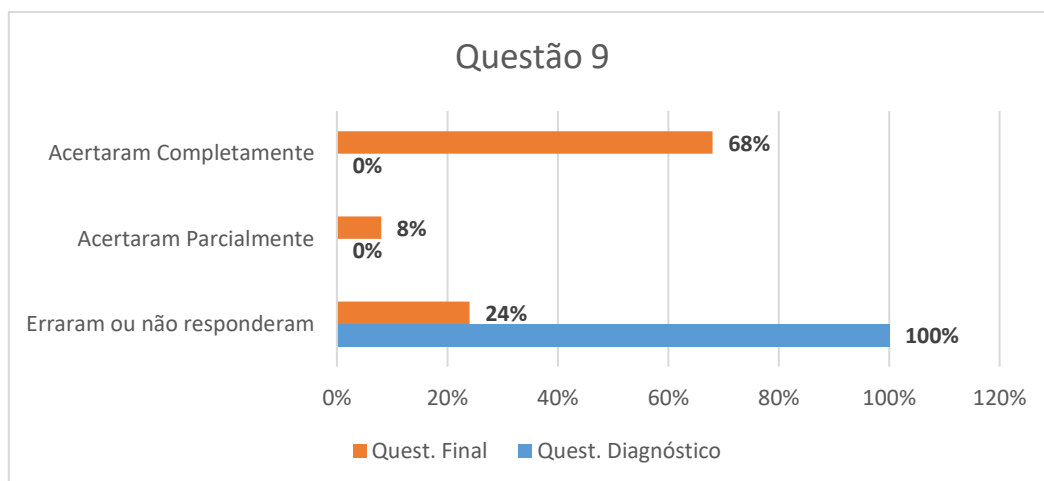
Figura 5.10 – Porcentagem dos alunos que acertaram completamente, parcialmente ou que erraram ou não responderam à oitava questão referente à pergunta: Por que os pássaros não levam choque quando estão com os pés sobre um mesmo fio.



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

Ninguém respondeu a nona questão do questionário diagnóstico. Já no questionário final, 24% dos alunos erraram ou não responderam, 8% acertaram parcialmente e 68% acertaram completamente conforme o gráfico (Figura 5.11) abaixo:

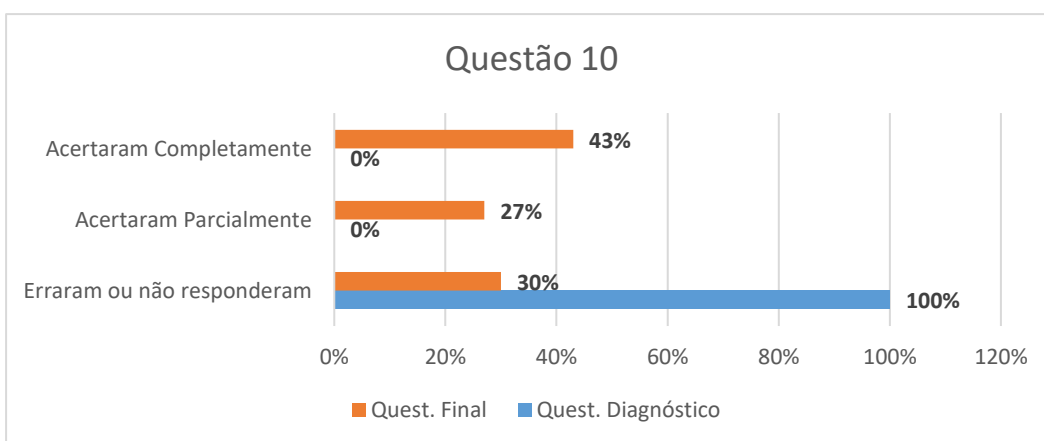
Figura 5.11 – Porcentagem dos alunos que acertaram completamente, parcialmente ou que erraram ou não responderam à nona questão referente à associação em série de resistores.



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

O mesmo aconteceu na décima questão, ou seja, ninguém a respondeu no questionário diagnóstico. No questionário final, cerca de 30% dos alunos erraram ou não responderam, 27% acertaram parcialmente e 43% acertaram completamente, ou seja, 70% dos alunos que não sabiam acertaram parcialmente ou completamente a questão. Veja o gráfico (Figura 5.12) abaixo:

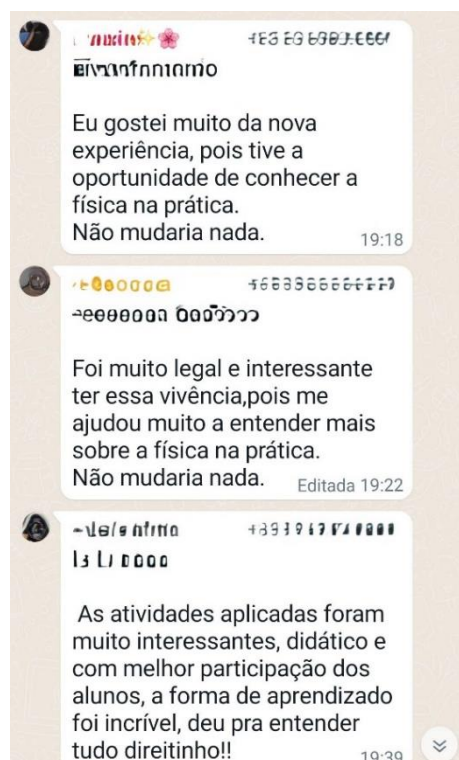
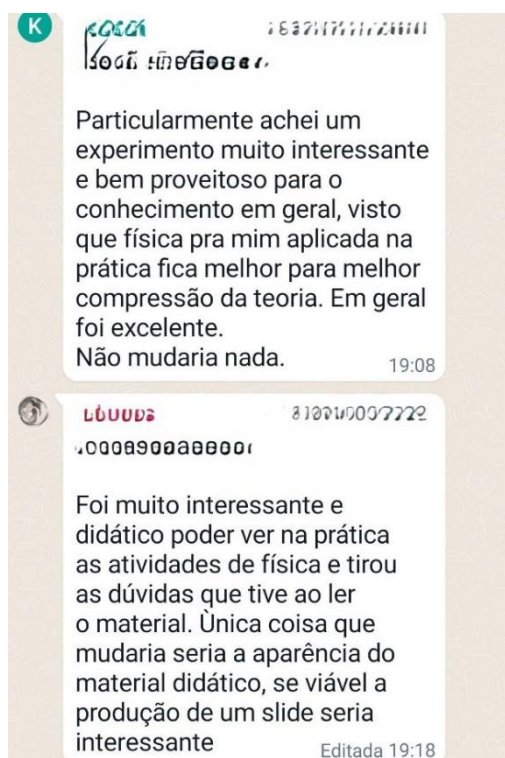
Figura 5.12 – Porcentagem dos alunos que acertaram completamente, parcialmente ou que erraram ou não responderam à décima questão referente à associação em paralelo de resistores.



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

Podemos concluir que houve um resultado positivo com relação à aplicação do produto, pois nas três primeiras questões do questionário final, uma grande porcentagem dos alunos respondeu de forma positiva à aplicação da Sala de Aula Invertida e à realização dos experimentos. Se fizermos uma comparação das respostas, a partir da quarta questão, do questionário diagnóstico com as do questionário final respectivamente, perceberemos uma expressiva redução das porcentagens dos alunos que erraram ou não fizeram, e um aumento da quantidade de alunos que acertaram parcialmente ou completamente. Esse cenário nos permite concluir que houve uma captação de significados dos alunos relacionada aos conteúdos apresentados no produto educacional. Alguns fatores como falta de atenção, compreensão parcial dos conteúdos, problemas psicossociais entre outros, causam dificuldades em saber se houve uma real aprendizagem significativa, pois, para que ocorra a aprendizagem significativa, além da captação de significados, tem que haver a compreensão e a capacidade de aplicar esses conhecimentos à novas situações e em diferentes contextos (MOREIRA, 2011) e esse conhecimento se forma ao longo do tempo, ou seja, “a aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual, um campo de situações, é progressivo com rupturas e continuidades, e pode levar um tempo relativamente grande” (MOREIRA, 2011, p.47).

Para finalizar, foi perguntado ao aluno no *WhatsApp* o que o mesmo achou do produto educacional e o que poderia ser feito para a melhorar o mesmo. A maioria respondeu positivamente como podemos ver nas respostas abaixo:



Do nosso ponto de vista, o produto educacional, junto com os instrumentos pedagógicos utilizados, contribuiu positivamente para a aprendizagem dos alunos. A análise dos gráficos demonstrou que houve um aumento da porcentagem dos alunos que acertaram completamente ou parcialmente as questões referentes aos conteúdos da eletricidade trabalhados em sala de aula. Apesar de não podermos afirmar se houve uma aprendizagem significativa, o resultado deste produto é um forte indicativo de que o professor deve diferenciar sua prática pedagógica do mero ensino tradicional.

Embora os experimentos do produto educacional tenham funcionado corretamente, alguns erros ocorreram. Geralmente estes erros acontecem devido ao mau uso dos instrumentos de medida, mau contato no *protoboard* ou montagem errada do circuito. Por isso o professor tem que ler as instruções contidas nos apêndices e realizar os experimentos anteriormente para antever alguns problemas ou dúvidas dos alunos e sanar possíveis erros que irão ocorrer. Devemos lembrar que, na metodologia ativa, o aluno é o protagonista na aquisição do conhecimento, mas o professor tem que orientar todo o processo. Podemos citar como exemplo o uso do *protoboard*, onde alguns alunos fizeram a montagem do circuito errada devido a um erro no entendimento das ligações dos componentes no mesmo. Outro fator importante é que o professor tem que checar, antes das medidas das grandezas elétricas pelos alunos, se a escala do multímetro está sendo usada corretamente. Tendo conhecimento dos conteúdos apresentados no produto e realizando os experimentos antes de apresentá-los, o professor corrigirá quaisquer erros ou dúvidas que, porventura, venham ocorrer.

A seguir apresentaremos as conclusões de toda a dissertação.

6. CONCLUSÕES

A otimização da nossa prática pedagógica deve ser constante, pois as diversas áreas dentro do nosso contexto social está sempre evoluindo e a educação faz parte desse contexto. Infelizmente, o que vemos é uma evolução muito rápida da ciência e tecnologia e muito lenta no que diz respeito à educação de modo geral. *Smartphones*, computadores, inteligência artificial, realidade virtual e aumentada, são apenas alguns exemplos dessa evolução científica e tecnológica, e a pergunta que sempre devemos fazer é: será que nossa metodologia e meios utilizados em sala de aula estão motivando os alunos a construírem o conhecimento de modo significativo (aprendizagem significativa)? A resposta a esta pergunta requer uma constante avaliação do nosso fazer pedagógico e do processo de ensino e aprendizagem do qual nós fazemos parte.

Este produto educacional vem ajudar nessa otimização da prática pedagógica e é destinado a professores do ensino médio, licenciandos e licenciados. O produto é uma sequência didática no qual foi usada a metodologia da sala de aula invertida e vários experimentos utilizando recursos tecnológicos, tais como multímetros, *protoboards*, diodos, resistores, baterias, *smartphones* e aplicativos, para a aprendizagem das leis físicas que regem partes da eletrodinâmica e associação em série e paralelo de resistores. Além da sala de aula invertida, abordamos, como fundamentação pedagógica, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e, como a aprendizagem se dá através do uso da linguagem, expomos um resumo da Teoria Socioconstrutivista de Vigotski de modo que compreendamos a importância da linguagem na construção do conhecimento pois, para Vigotski, o pensamento, a linguagem e o comportamento volitivo constituem os processos mentais superiores que têm origem através de interações sociais mediados por instrumentos e signos. Na fundamentação teórica, foram apresentadas as definições e conceitos dentro do campo teórico da eletrodinâmica. Ainda foi construída uma apostila, com os conteúdos de eletrodinâmica abordados no produto educacional e os passos para se fazer os experimentos, que foi disponibilizada aos alunos constituindo um dos materiais potencialmente significativos, além de vídeos sugeridos e algumas aulas expositivas que serviram para sanar algumas dúvidas ou problemas que foram citados neste trabalho, tais como a falta de leitura do material por alguns alunos devido ao excesso de atividades e disciplinas cursadas.

A realização de experimentos foi de extrema importância na construção do conhecimento dos estudantes, pois eles conseguiram sair do campo teórico podendo ver na prática a aplicação de tais conhecimentos. Os experimentos também proporcionaram a

colaboração, negociação de informações e a interação entre os estudantes, facilitando a compreensão dos conteúdos pelos mesmos. O professor que ler este produto educacional, poderá fazer todos os experimentos contidos na apostila ou escolher o que melhor lhe servir na condução de suas aulas.

Podemos dizer que a aplicação do produto teve um resultado positivo que pôde ser observado durante o processo e analisado por meio da leitura e correção do questionário final. Noventa e cinco por cento dos alunos aprovaram o conteúdo e a diagramação da apostila e a realização dos experimentos. Oitenta e um por cento gostaram da metodologia da sala de aula invertida. Fazendo um comparativo entre as respostas do questionário final e diagnóstico, observamos que em todas as questões houve um aumento nas porcentagens das respostas corretas ou parcialmente corretas. Estes resultados indicam que houve uma certa compreensão dos conteúdos apresentados no produto, porém, ficando difícil mensurar se houve uma real aprendizagem significativa devido ao curto período em que foi aplicado o mesmo.

Apesar do resultado do produto ter sido muito bom, a aplicação do mesmo não ocorreu conforme o cronograma apresentado devido à execução de atividades extraclasse e preparação dos alunos para o ENEM. Alguns alunos não liam a apostila e não participavam dos debates nas mídias utilizadas, alegando que não tiveram tempo, tendo como causa o excesso de atividades e provas das quinze disciplinas cursadas pelos aprendizes, no entanto, houve um aumento da participação dos mesmos na aula expositiva presencial para tirar dúvidas. Houve um grande interesse e adesão dos alunos às atividades práticas, indicando que a realização de atividades experimentais é um componente importante a ser acrescentado no processo de ensino e aprendizagem.

Este produto educacional pode ser usado da maneira como foi apresentado nesta dissertação ou ser adaptado dentro da realidade e contexto de sua instituição de ensino em que ministra as aulas. Como dito acima, a otimização da prática pedagógica também incide na melhoria dos materiais de aprendizagem apresentados ao aluno, tornando estes o mais potencialmente significativo possível.

Outro fator importante que podemos observar, com relação à aprovação da metodologia de ensino pelos estudantes, é que os resultados foram obtidos através das respostas dos alunos e não através da análise dos resultados aplicados à outras turmas utilizando metodologias diferentes. Para que isso ocorra, precisaríamos de, no mínimo, duas turmas da mesma série e que estivessem vendo o mesmo conteúdo, ficando como sugestão para análise no futuro, visto que, como podemos observar, a cada nova descoberta e resultado surgem novas perguntas e novos desafios para pesquisa.

O produto educacional apresentado nesta dissertação levou em conta o protagonismo e a autonomia dos alunos, pois os mesmos receberam uma apostila potencialmente significativa, fizeram experimentos, assistiram vídeos e tiraram as dúvidas com o professor, participando ativamente do seu processo de aprendizagem. Participaram de atividades práticas relacionadas com situações reais proporcionando uma aprendizagem dinâmica e motivadora, além de estimular o engajamento e a colaboração entre eles.

Diante do exposto acima, podemos vislumbrar várias futuras expansões do produto educacional. Podemos, através de uma associação de resistores, fornecermos uma tensão contínua para um determinado dispositivo eletroeletrônico que poderá ser feita através de uma associação em série e paralelo de resistores, ou seja, construirmos um divisor de tensão. Construir circuitos simples com lâmpadas e calcularmos a corrente e a tensão em cada componente através da lei de Ohm e confirmarmos, por meio das medições das grandezas com um multímetro, se os valores coincidem com a teoria. Ou seja, há uma vasta gama de experimentos em que podem ser usados os conceitos que foram abordados neste produto educacional.

Existem, também, vários desafios importantes que precisam ser enfrentados. Um desses desafios é a infraestrutura tecnológica desigual nas nossas instituições de ensino, o que pode tornar qualquer inovação inacessível para muitos estudantes. Este desafio pode ser sanado através de investimentos de recursos para a educação. Outro desafio que pode ser minimizado, é a capacitação de professores com o oferecimento de cursos de formação continuada pela instituição educacional aos docentes com foco em metodologias ativas e tecnologias. Mas para que este desafio seja vencido é preciso, por outro lado, do interesse e engajamento dos professores em realizar tais cursos. Muitos alunos falaram do excesso de atividades e de disciplinas no currículo, embora este problema tenha difícil solução, pois depende de várias instâncias das instituições de ensino, a gestão do tempo e um planejamento curricular mais equilibrado podem minimizar o problema.

Esperamos que a utilização deste produto educacional por professores do ensino médio contribua no aperfeiçoamento do ensino de Física, estimulando a aquisição de competências e habilidades construídas pelos alunos com a orientação do educador de modo que o aluno possa enxergar a física, não como um mero conjunto de cálculos e sim, como uma ferramenta que permite sondar e contemplar o universo infinito.

REFERÊNCIAS

AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. *Alfabetização científico-tecnológica para quê?* Rev. Ensaio, Belo Horizonte, v.03, n.02, p.122-134, jul-dez, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v3n2/1983-2117-epec-3-02-00122.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2024.

AUSUBEL, D.P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Tradução de Lígia Teopisto. 1ª ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2001.

AUSUBEL, D.P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC). Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#introducao#competencias-gerais-da-base-nacional-comum-curricular>. Acesso em: 28 de janeiro de 2024.

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Helio. *Física para universitários: Eletricidade e Magnetismo*. Tradução: Trieste Freire Ricci. Porto Alegre: AMGH, 2012. 386p. ISBN: 978-85-8055-125-9.

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.

BOYLESTAD, Robert L. *Análise de Circuitos*. Tradução: Daniel Vieira e Jorge Ritter. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012. 959p. ISBN: 978-85-64574-20-5.

BRAGA, Deivid Almeida Braga. *Unidade de ensino potencialmente significativa para o estudo de eletrodinâmica em uma turma do ensino médio que integra o uso de um simulador de circuitos elétricos e um kit experimental*. Orientadora: Profa. Dra. Fátima Nazaré Baraúna Magno. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

BRANCO, Alessandra Batista de Godoi. [et al.]. *Alfabetização e letramento científico na BNCC e os desafios para uma educação científica e tecnológica*. Revista Valore, Volta Redonda, 3 (Edição Especial), p. 702-713, 2018.

BRASIL, Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus e dá outras providências. Brasília, 1971. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-5692-11-agosto-1971-357752-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 03 de janeiro de 2024.

BRASIL, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm#:~:text=L9394&text=Estabelece%20as%20diretrizes%20e%20bases%20da%20educa%C3%A7%C3%A3o%20nacional.&text=Art.%201%C2%BA%20A%20educa%C3%A7%C3%A3o%20abrange,civil%20e%20nas%20manifesta%C3%A7%C3%B5es%20culturais. Acesso em: 03 de janeiro de 2024.

DANTAS, Claudio Rejane da Silva; MASSONI, Neusa Teresinha. *Avaliação no Ensino de Ciências: Práticas docentes e “escuta” a professores*. 1ªed. São Paulo: Livraria da Física, 2022. ISBN: 978-65-5563-192-0.

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.

DESMURGET, M. *A fábrica de cretinos digitais: o perigo das telas para nossas crianças*. Tradução de Mauro Pinheiro. 1ªed. São Paulo: Vestígio, 2021.

DEWEY, J. *Democracia e educação: Introdução à filosofia da educação*. Tradução: Godofredo Rangel e Anísio Teixeira. 4ªed. São Paulo: Nacional, 1979.

DOCUMENTARYONDEMAND. *As Origens da Linguagem*. YouTube, 11 de setembro de 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cYJoXsfgnQ>. Acesso em: 12 de dezembro de 2022.

FILOGÊNESE. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2024. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/filogenese/>. Acesso em: 04 de março de 2024.

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.

GASPAR, Alberto. *Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotsky*. 1ªed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. ISBN: 978-85-7861-247-4.

GOWIN, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jean. *Fundamentos de Física: Eletromagnetismo*. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. 10ªed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 365p. ISBN: 978-85-216-3037-1.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANER, Kenneth. *Física 3*. Tradução: Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco, Leydervan de Souza Xavier, Paulo Pedro Kenedi. [Reimpr.]. 5ªed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 390p. ISBN: 978-85-216-1391-6.

LORENZETTI, L. *A alfabetização científica e tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na Educação em Ciências*. In: MILARÉ, Tathiane. *et al.* Alfabetização Científica e Tecnológica na Educação em Ciências. Fundamentos e Práticas. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

MICROSOFT. Imagem gerada por IA para ilustrar conceito de energia potencial elétrica sendo transformada em energia luminosa numa lâmpada. Copilot. 2024. Disponível em: <https://copilot.microsoft.com/>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

MICROSOFT. Imagem gerada por IA para ilustrar o conceito de diferença de energia potencial gravitacional e de tensão. Copilot. 2024. Disponível em: <https://copilot.microsoft.com/>. Acesso em: 25 de abril de 2024.

MORAN, José. *Mudando a educação com metodologias ativas*. Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Vol.II. PG: Foca Foto – PROEX/UEPG, 2015.

MOREIRA, Antônio Marco. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. 1ªed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. 3ed. Ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2023. ISBN: 978-85-216-3756-1.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.

OLIVEIRA, I. N. de, RAMOS, J. A. P., SILVA, W. L., et al. O. *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, São Paulo, v.42, 2020 (fascículo de 2020), publicado em 09 set. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/tYxCGJshXSRQY5wDgZMdCqM/>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2024.

ONTOGÊNESE. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2024. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/ontogenese/>. Acesso em: 04 de março de 2024.

PARADIGMA. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2024. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/paradigma/>. Acesso em: 12 de março de 2024.

PEPE, Viviane Peixoto. *Aplicação do método sala de aula invertida ao ensino de eletrodinâmica em nível médio*. Orientador: Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2020.

PINO, A. *As Marcas do Humano: às origens da constituição cultural da criança na perspectiva de Lev S. Vigotski*. 1ªed. São Paulo: editora Cortez, 2005. ISBN:978-85-249-1179-8.

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.

SERWAY, Raymond A.; JÚNIOR, John W. Jewett. *Princípios de Física*. Tradução: Leonardo Freire de Mello, Tânia M. V. Freire de Melo. 3ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 941p. 3v. ISBN: 85-221-0414-X.

SOUSA, Rafaela. "Planeta Terra"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/o-planeta-terra.htm>. Acesso em 18 de fevereiro de 2024.

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, Portugal, 2013. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/11379/1/29841_Teixeira_FlippedClassroom_LiricaCamoniana.pdf>. Acesso em: 17 maio de 2024.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e Magnetismo, Óptica*. Tradução: Naira Maria Balsaretti. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 530p. ISBN: 978-85-2016-1711-2.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. Organizadores: Michael Cole... [et al]; Tradução :José Cipolla Neto, Luiz Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 7ª ed. São Paulo: Martins Fonte, 2007.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. *Física III: Eletromagnetismo*. Tradução: Sonia Midoro Yamamoto. 12ª ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009. 425p. v.3. ISBN: 978-85-88639-34-8.

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?

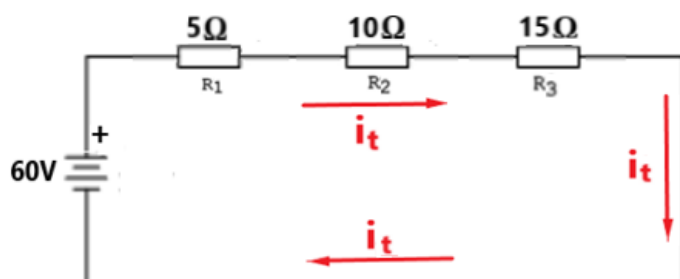
Especificações Técnicas				
Modelo	Torneira			
Tensão Nominal (Volts~)	127		220	
(Frio)	Desligado			
Potência Nominal (Watts) (Morno)	2 800	3 200	2 800	3 200
(Quente)	4 500	5 500	4 500	5 500
Corrente Nominal (Ampères)	35,4	43,3	20,4	25,0
Fiação Mínima (Até 30 m)	6 mm ²	10 mm ²	4 mm ²	4 mm ²
Fiação Mínima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

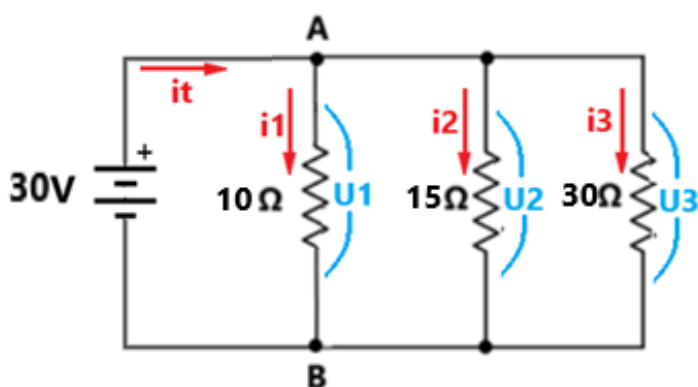


8) Por que os pássaros não levam choque quando estão com os pés sobre um mesmo fio?

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

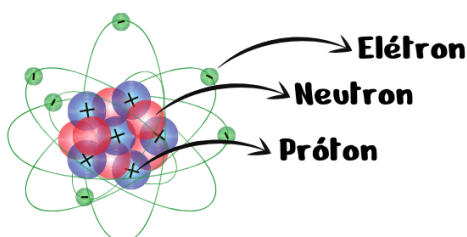
Vivemos cercados de aparelhos eletroeletrônicos que fazem parte do nosso cotidiano. Televisores, computadores, calculadoras, micro-ondas, lâmpadas, ventiladores e etc. Todos estes aparelhos utilizam leis da eletrodinâmica. Eles funcionam dentro de um conceito no qual chamamos de circuitos elétricos e 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.

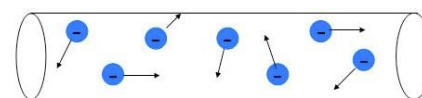
OBS 1: Dependendo da diferença de potencial aplicada em um meio, um isolante pode se tornar um condutor.

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.

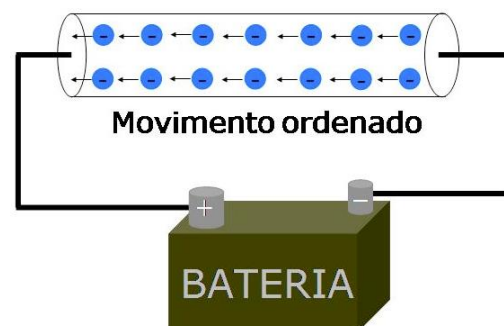


Movimento desordenado

Fonte:

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

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



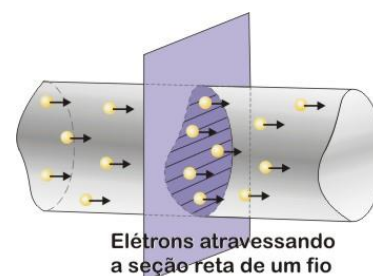
Fonte:

<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).

$\Delta t = 2s$

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

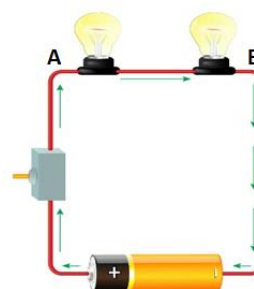
$$i = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow i = \frac{9,6 C}{2 s} \rightarrow i = 4,8 A$$

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.

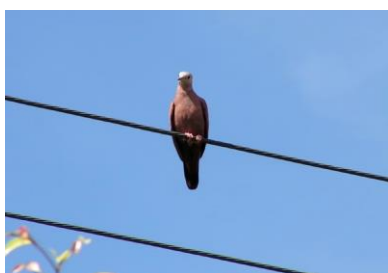
3.2 Tensão Elétrica ou d.d.p – diferença de potencial elétrica (U).

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.

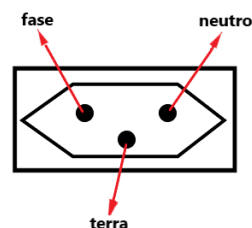


Fonte:
<https://eletricista24hs.com.br/passaro-nao-leva-choque/>

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.

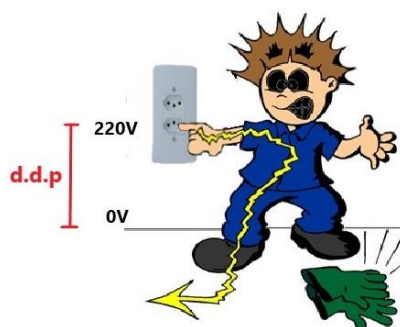
Figura 8 – Fase, neutro e terra de uma tomada residencial.



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

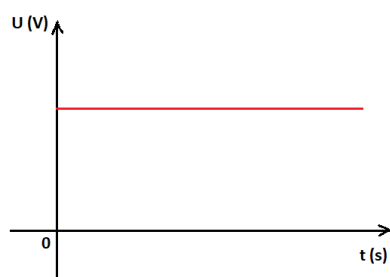


Fonte:

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

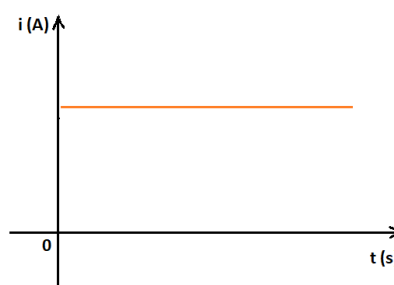
Vejamos os gráficos da tensão e corrente contínuas constantes em função do tempo:

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

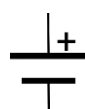


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

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

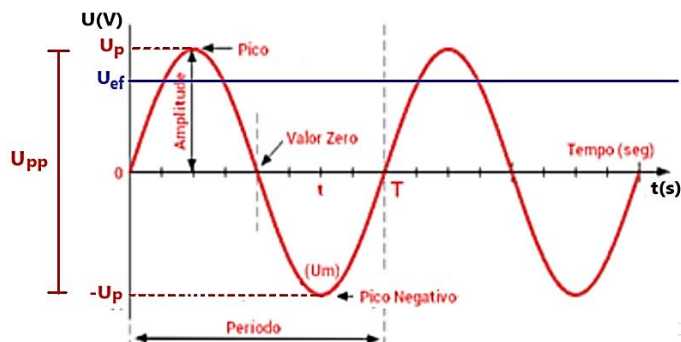
Sendo:

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:

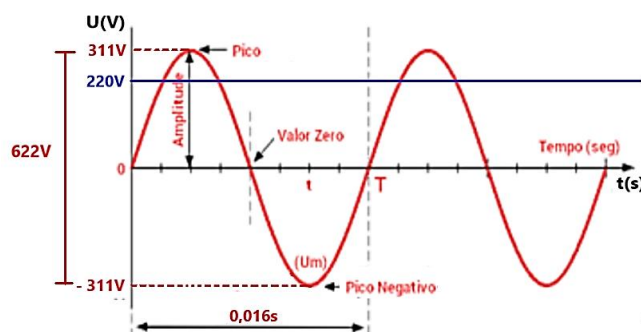
$U_{pp} = 2U_p \rightarrow U_{pp} = 2 \cdot 311V \rightarrow U_{pp} = 622V$ (Quando você leva um choque na tomada da rede, na realidade está sobre você uma tensão de 622V de pico a pico!)

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:

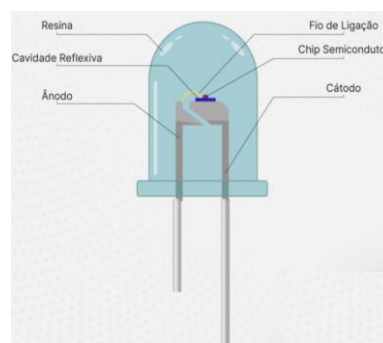
<https://www.linkedin.com/pulse/experimentando-aquisi%C3%A7%C3%A3o-de-dados-temperatura-e-o-sinais-ferreira>

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:

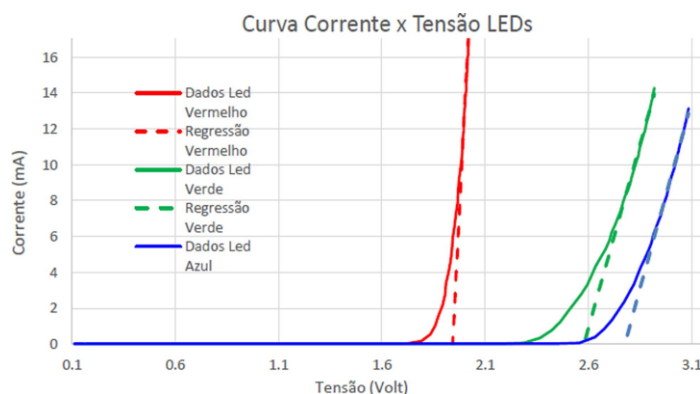
<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-led/>



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>

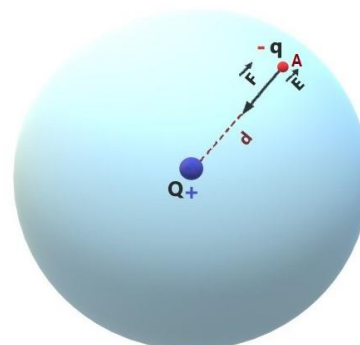
5. Campo Elétrico

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.

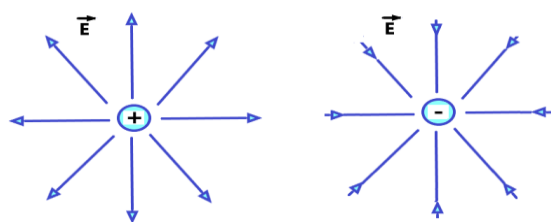
Dentro do que foi dito acima, Gualter, Newton e Helou (2012,p.32) define campo elétrico como “uma propriedade física estabelecida em todos os pontos do

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).

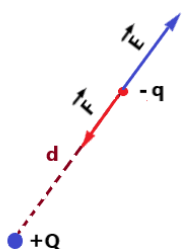
Figura 21 – Campos elétricos de afastamento e de aproximação gerados por uma carga positiva e negativa respectivamente.



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).

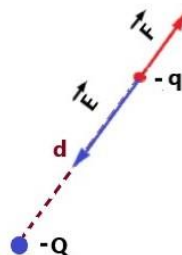
Figura 22 – Campo elétrico de afastamento gerado por uma carga $+Q$ e força de atração entre as cargas $-q$ e $+Q$.



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 $-Q$.



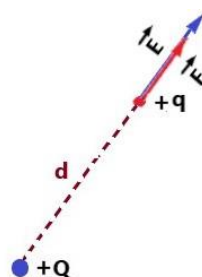
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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).

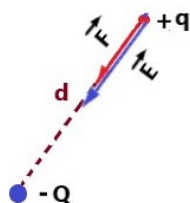
Figura 24 – Campo elétrico de afastamento gerado por uma carga $+Q$ e força de repulsão entre a carga $+q$ e $+Q$.



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 $-Q$.

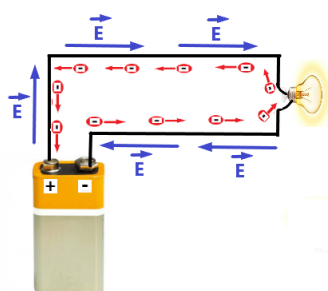


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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.

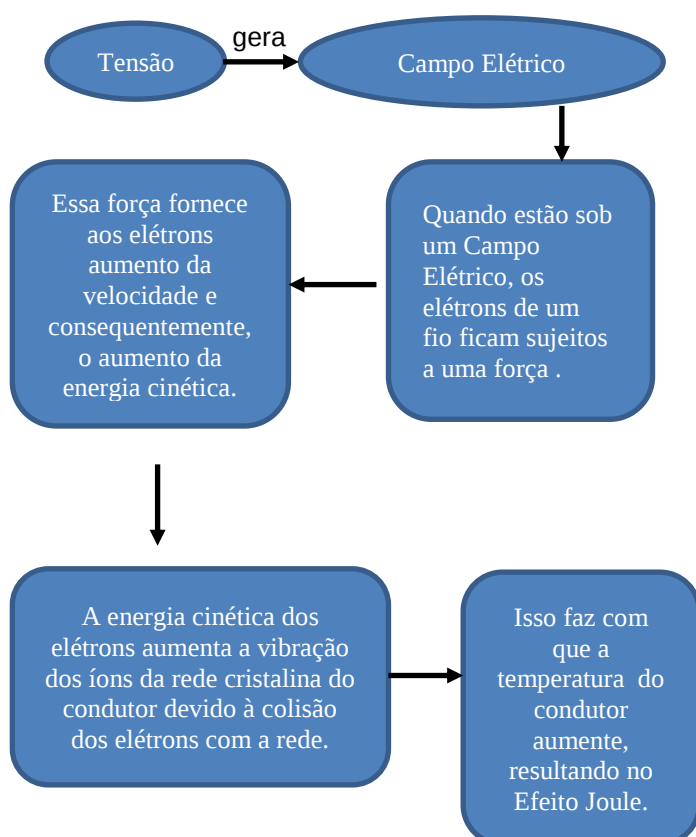
Obs: Em um curto-circuito a intensidade da corrente é tão grande que o Efeito Joule pode fazer com que o fio pegue fogo e cause um incêndio, portanto muito cuidado (ver Fig.29)!

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.

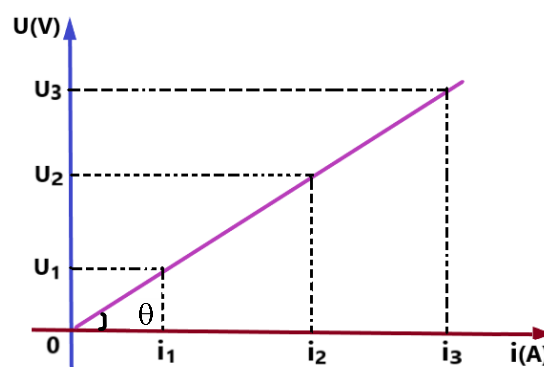
A descoberta da primeira lei de Ohm constituiu um grande marco no desenvolvimento da eletroeletrônica, pois nos possibilitou relacionarmos as grandezas corrente, tensão e resistência elétricas. A primeira Lei de Ohm diz que a razão entre as intensidades da tensão e corrente é igual à resistência. Aos 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:

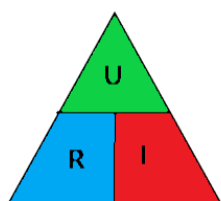
$$R = \frac{U}{I}$$

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

U é o valor da tensão em **V(Volt)**;

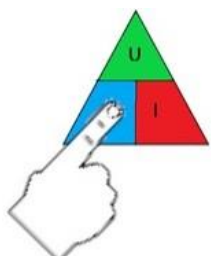
I é o valor a corrente elétrica em **A(Ampère)**.

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.

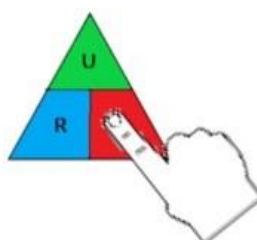


Observe que, ao cobrirmos a grandeza que queremos achar, o **U (tensão)** fica em cima e o **I (corrente)** fica em baixo.

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:

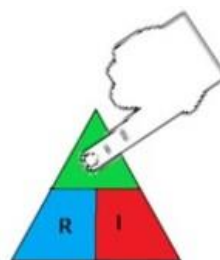


Observe que, ao cobrirmos a grandeza que queremos achar que é o **I (corrente)**, o **U (tensão)** fica em cima e o **R (resistência)** fica em baixo.

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.

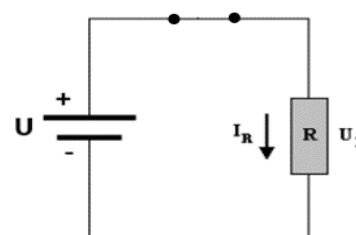
Na Fig.31 temos um circuito simples constituído por uma fonte de tensão contínua constante, um interruptor fechado e uma carga com certa resistência. O interruptor é um dispositivo usado para interromper ou deixar passar o fluxo de corrente (ver Fig.32). Abaixo, temos o símbolo de um interruptor simples:



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

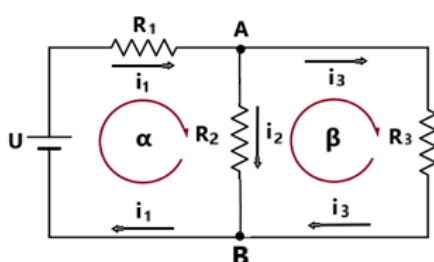


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

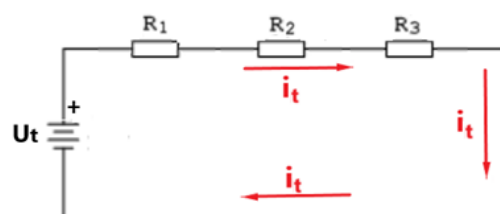
i_t = corrente total;

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.

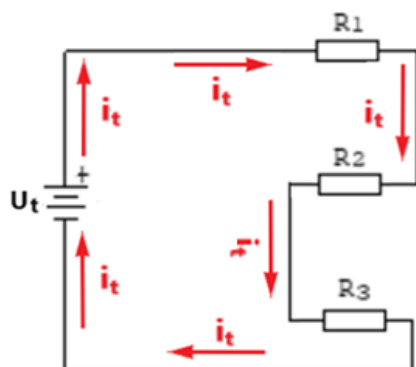
1. Numa associação em série de resistores **a corrente que circula pelo circuito é a mesma**, ou seja, a corrente que sai de um pólo da bateria é a mesma que chega ao pólo oposto (ver Fig.34 e 35). Tomem cuidado, pois não são as posições dos resistores que definem se uma associação está em série e sim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

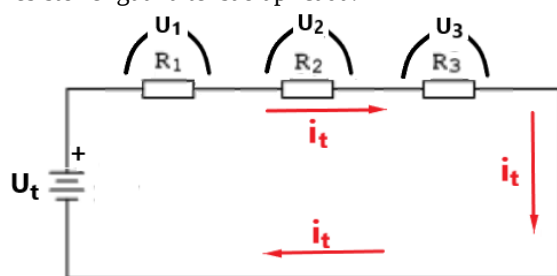


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

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

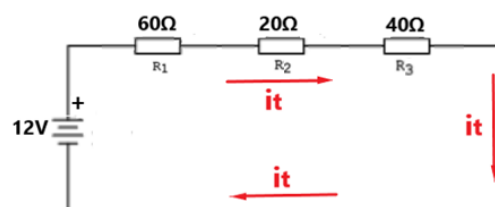
3. A *terceira característica* afirma que a resistência total (resistência equivalente) é igual à soma de cada resistência individual de uma associação em série de resistores.

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

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

Exercício

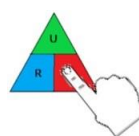
1) Calcule a corrente total e a queda de tensão em cada resistor da associação em série de resistores do circuito abaixo.



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.



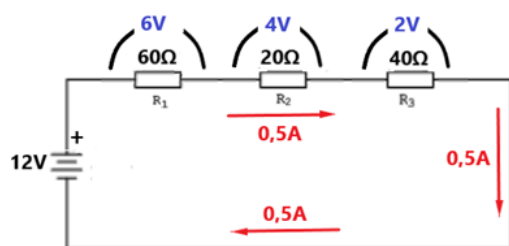
$$i_t = \frac{U_t}{R_t} = \frac{12V}{120\Omega} = 0,1A$$

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

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

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

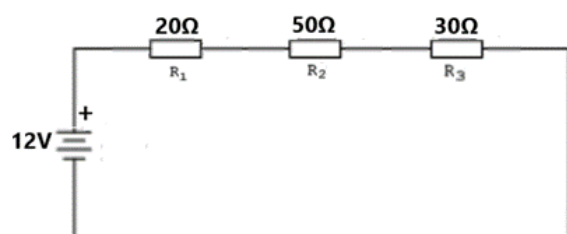
$$U_3 = R_3 \cdot i_t \rightarrow U_3 = 40 \cdot 0,1 \rightarrow U_3 = 4V$$



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.



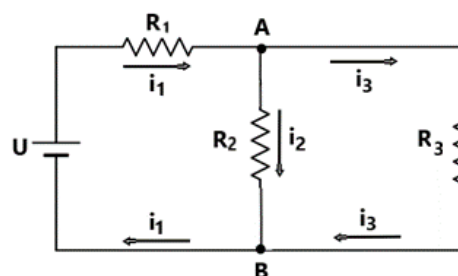
10. Associação em Paralelo de Resistores

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.

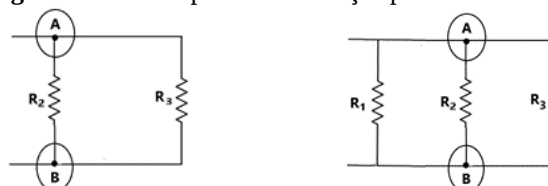


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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



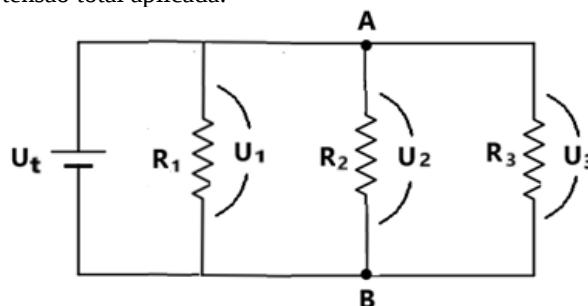
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

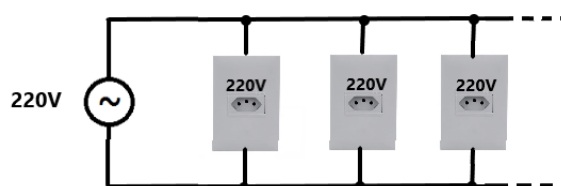
$$U_1 = U_2 = U_3 = U_t$$

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).

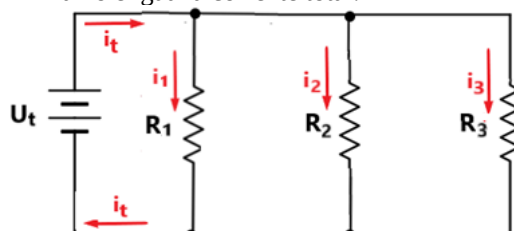
Figura 40 – Tomadas da rede residencial ou de estabelecimentos ligadas à tensão de 220V.



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:

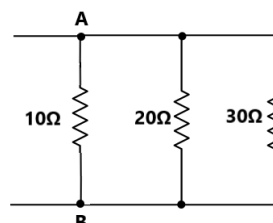
$$i_t = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

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.

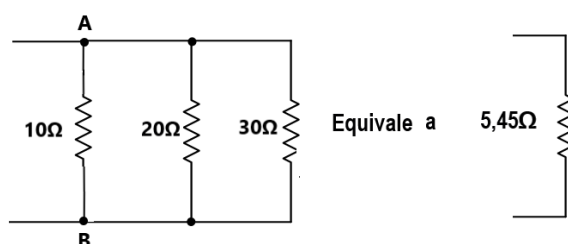
$$\frac{1}{R_t} = \frac{11}{60}$$

5. Agora invertemos os dois lados da proporção.

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

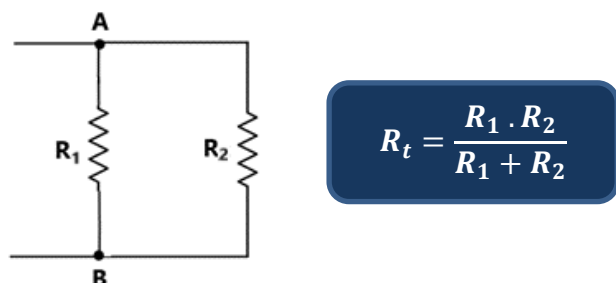
Observe que o valor da resistência total numa associação de resistores em paralelo, será sempre menor do que o menor valor da resistência dos resistores da associação. No exemplo acima, o valor do menor resistor é de 10Ω e o valor da resistência total é aproximadamente $5,45\Omega$.

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



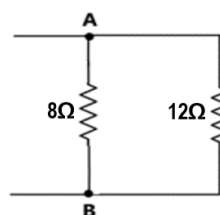
Segundo caso: quando temos apenas dois resistores diferentes associados em paralelo, utilizamos a equação mais simples que é derivada da equação geral (ver Fig.42).

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.

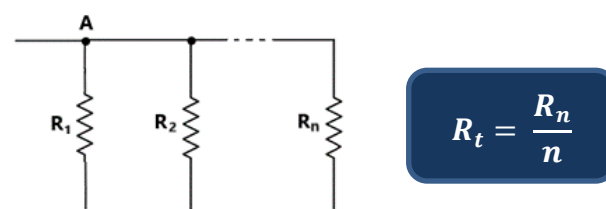
$$R_1 = 8\Omega \text{ e } R_2 = 12\Omega$$

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

$$R_t = 4,8\Omega$$

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.

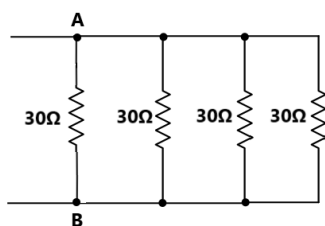


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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.

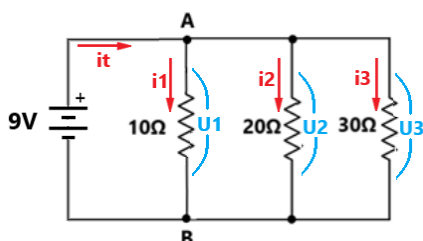
$$R_t = \frac{R_n (\text{Valor da resistência})}{n (\text{número de resistores})} = \frac{30}{4} = 7,5 \, \Omega$$

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

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.

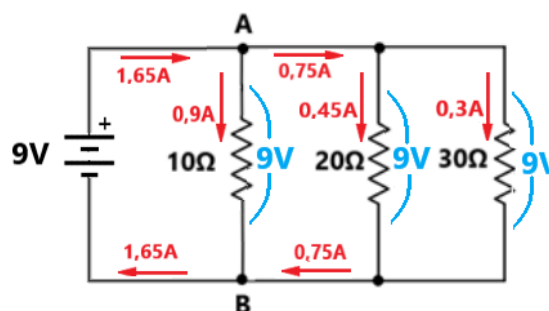
1ª Maneira: Usamos a segunda característica da associação em paralelo de resistores.

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

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**.

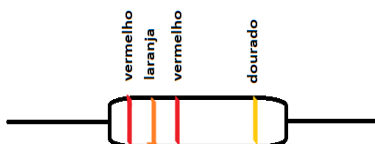
Tolerância é a margem de valor que o resistor pode ter a mais ou a menos do valor lido pelo código. Por exemplo, se você leu o valor do resistor e deu 100Ω e tolerância de 10%, significa que o valor do resistor pode estar entre 90Ω e 110 Ω, pois 10% de 100 Ω é 10 Ω. Se você observar, quanto menor é a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

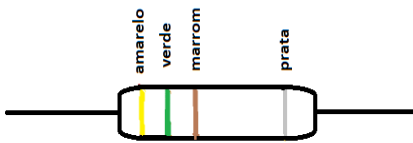


O primeiro algarismo será 2, o segundo será 3 e como a terceira faixa é o vermelho então acrescentamos 2 zeros ao valor (significa multiplicar por 100). A última faixa é a tolerância que, no caso da cor dourada, é de 5%.

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)

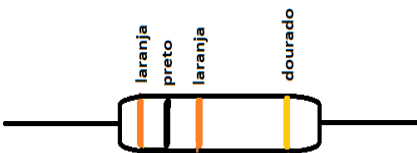
O primeiro algarismo será 4, o segundo será 5 e como a terceira faixa é o marrom então acrescentamos 1 zero ao valor (significa multiplicar por 10). A última faixa é a tolerância que, no caso da cor prata, é de 10%.

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

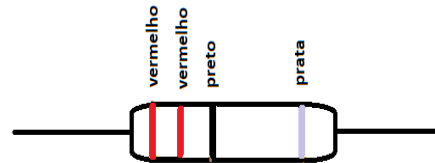
A tolerância de 10% significa que tiramos 10% de 450 que é igual a 45. Então o valor do resistor pode estar entre 405Ω ($450 - 45$) e 495Ω ($450 + 45$).

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

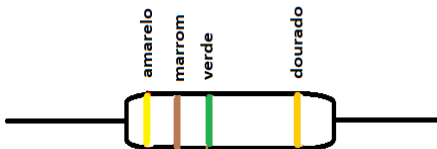
c)



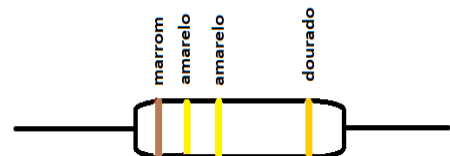
d)



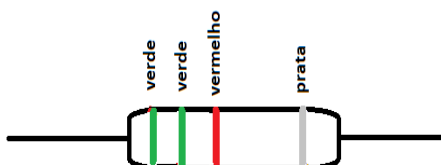
e)



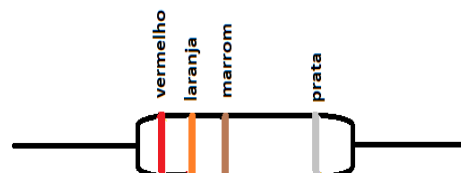
f)



g)



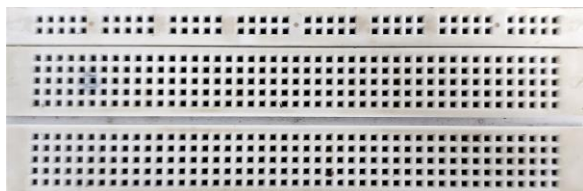
h)



Apêndice B – Como utilizar o *protoboard*

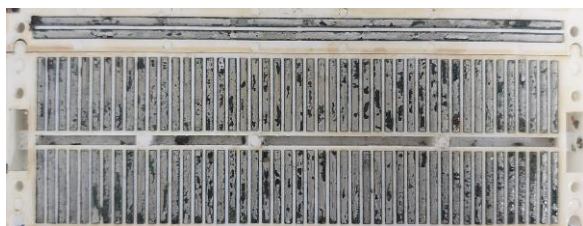
O *protoboard* é uma matriz de contato com vários furos que interiormente são ligados por fios condutores na vertical e horizontal e servem para montagem temporária de circuitos. Observe as figuras B1 e B2 abaixo:

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



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

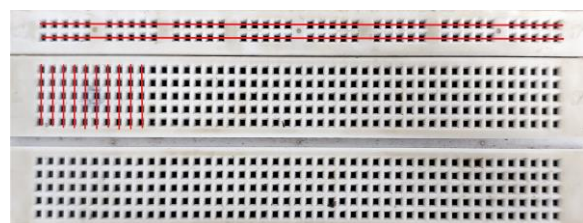
Figura B2 – Parte de baixo do protoboard. Observe como os fios estão dispostos.



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

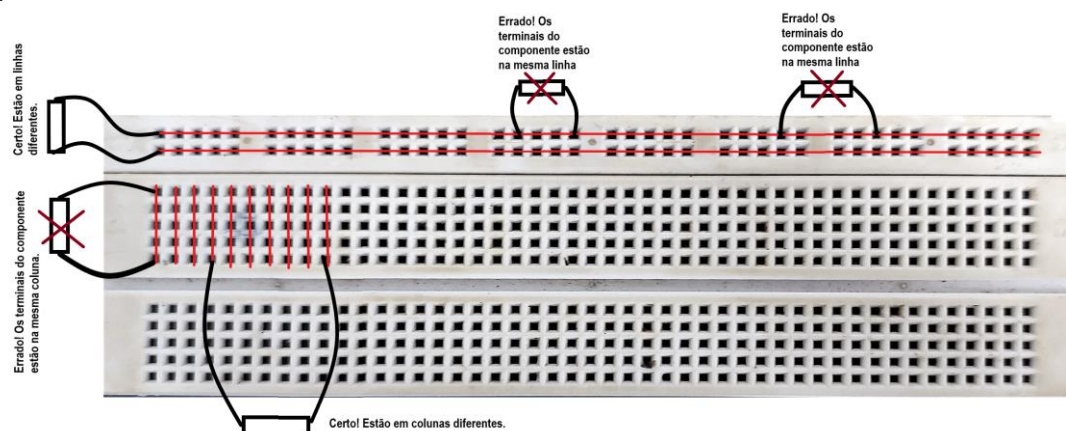
Figura B3 – Indicação da ligação dos furos por fios sendo representada por uma linha vermelha.



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)

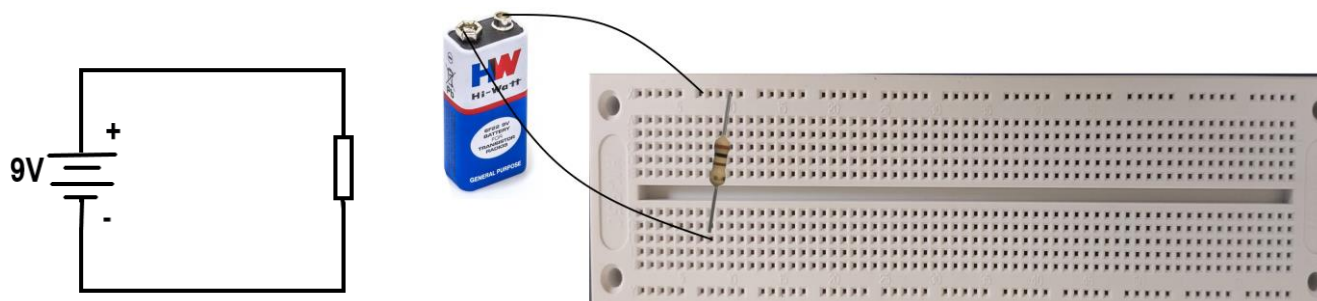
Figura B4 – Exemplo do que se deve fazer quando formos ligar os terminais de um componente num protoboard.



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.

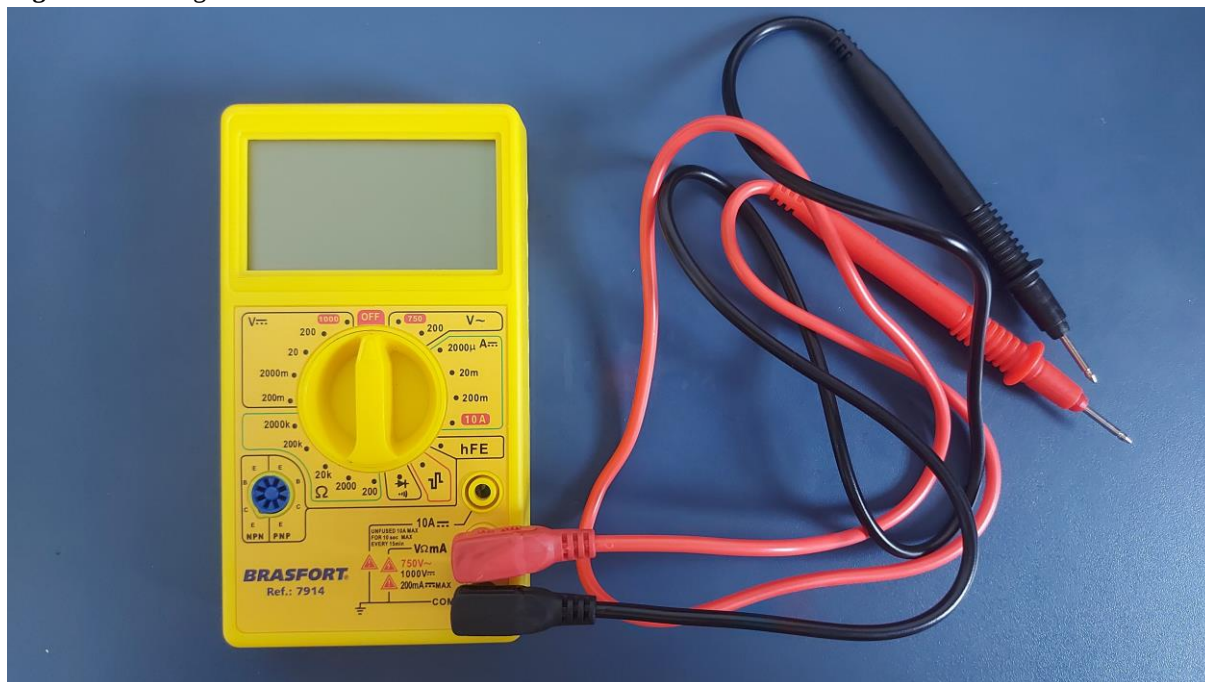


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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.



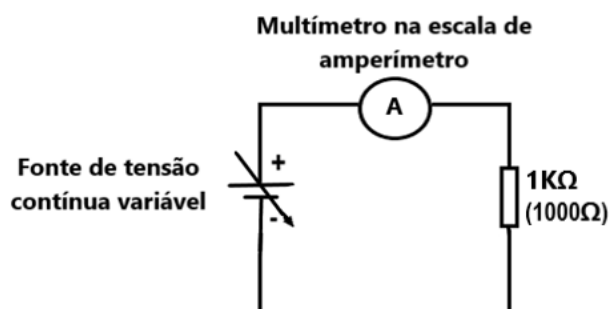
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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!

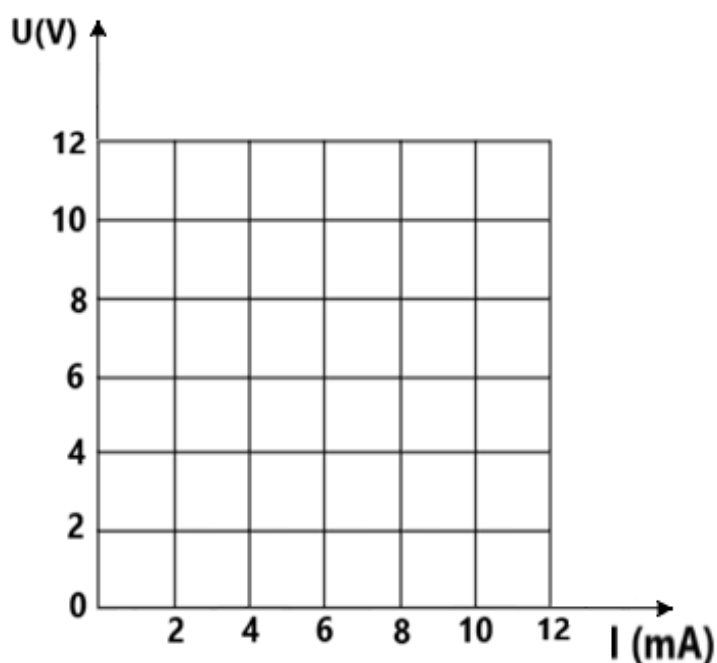
Apêndice D – Experimento sobre a Primeira Lei de Ohm

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.



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

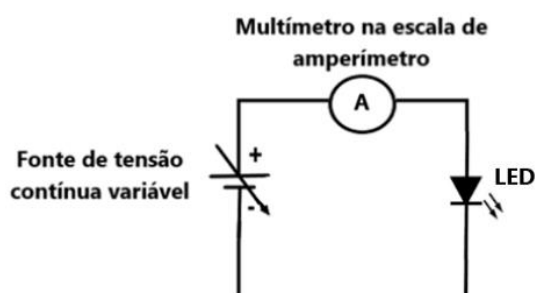
3º Passo – Trace o gráfico e calcule a tangente do ângulo.

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.

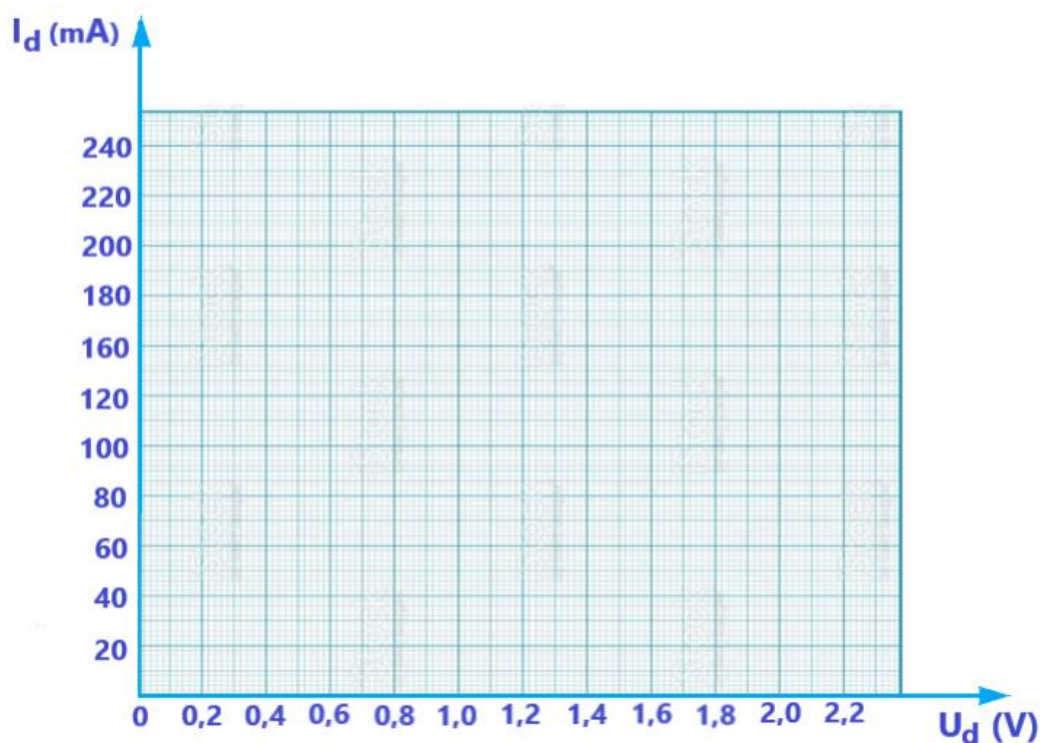
Apêndice E – Experimento com resistência não ôhmica

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	

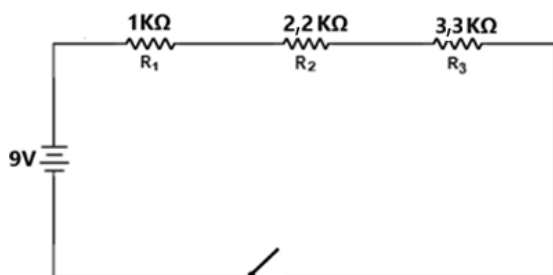
2º Passo – Monte o gráfico usando os valores encontrados e anotados na tabela acima.



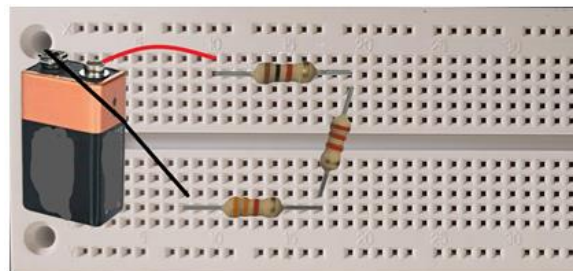
3º Passo – Qual conclusão você tirou com relação ao primeiro a resistência ôhmica do “Experimento sobre Lei de Ohm”? Qual a diferença entre gráfico de uma resistência não ôhmica para uma resistência ôhmica?

Apêndice F – Experimento com associação em série de resistores

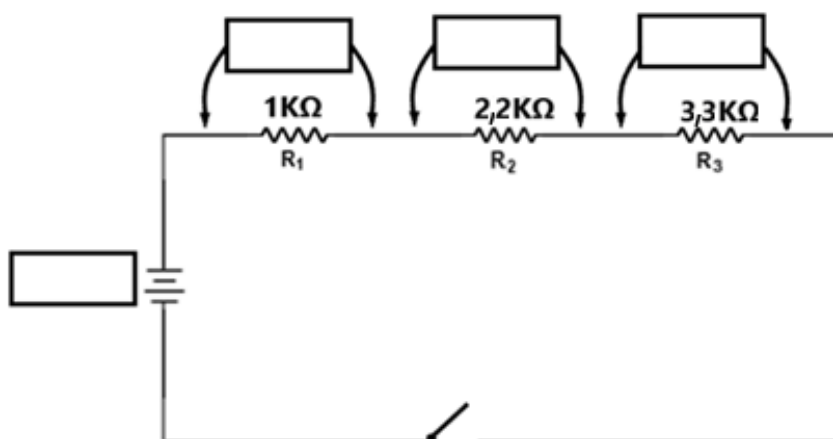
1º Passo – Calcule a tensão em cada resistor e a corrente total do circuito abaixo (em caso de dúvidas volte ao exercício do item 8 ou pergunte ao professor).



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?

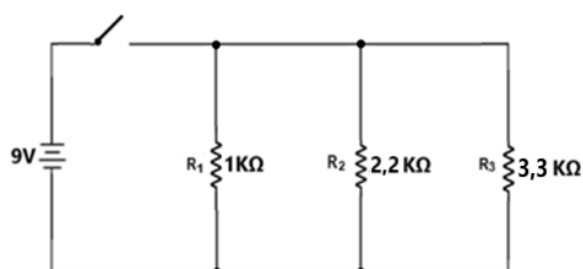
6º Passo – As medidas coincidiram com o valor calculado?

Sim () Não ()

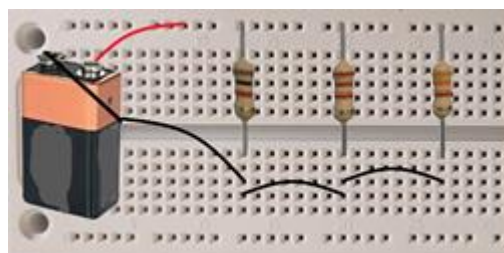
7º Passo – Se não, anote o que deu diferente e argumente com o seu professor o que pode ter causado essa diferença.

Apêndice G – Experimento com associação em paralelo de resistores

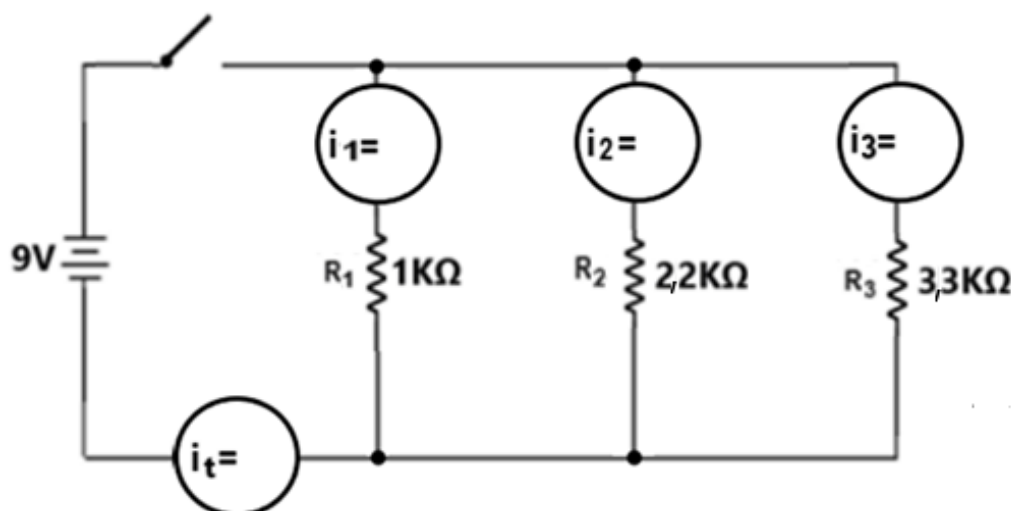
1º Passo – Calcule a tensão que fica em cada resistor, a resistência total, a corrente total e a corrente que passa por cada ramo do circuito abaixo (em caso de dúvidas volte ao exemplo 4 do item 9 ou pergunte ao professor).



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 Arduíno.** 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?

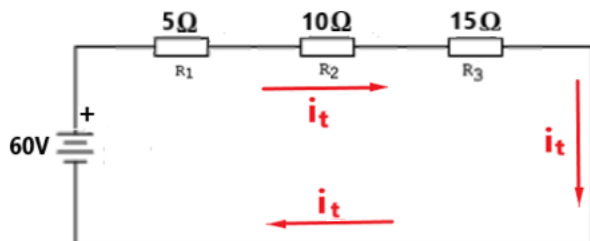
Especificações Técnicas				
Modelo	Torneira			
Tensão Nominal (Volts~)	127		220	
(Frio)	Desligado			
Potência Nominal (Watts) (Morno)	2 800	3 200	2 800	3 200
(Quente)	4 500	5 500	4 500	5 500
Corrente Nominal (Ampères)	35,4	43,3	20,4	25,0
Fiação Mínima (Até 30 m)	6 mm ²	10 mm ²	4 mm ²	4 mm ²
Fiação Mínima (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/Manuals/Torneira%20Suprema/-Manual_Torneira_Suprema_roo.pdf

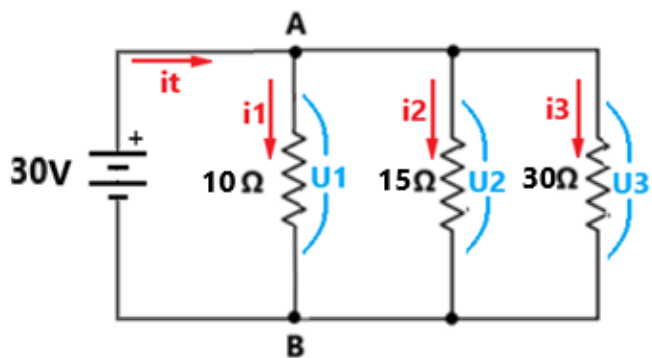


8) Por que os pássaros não levam choque quando estão com os pés sobre um mesmo fio?

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.

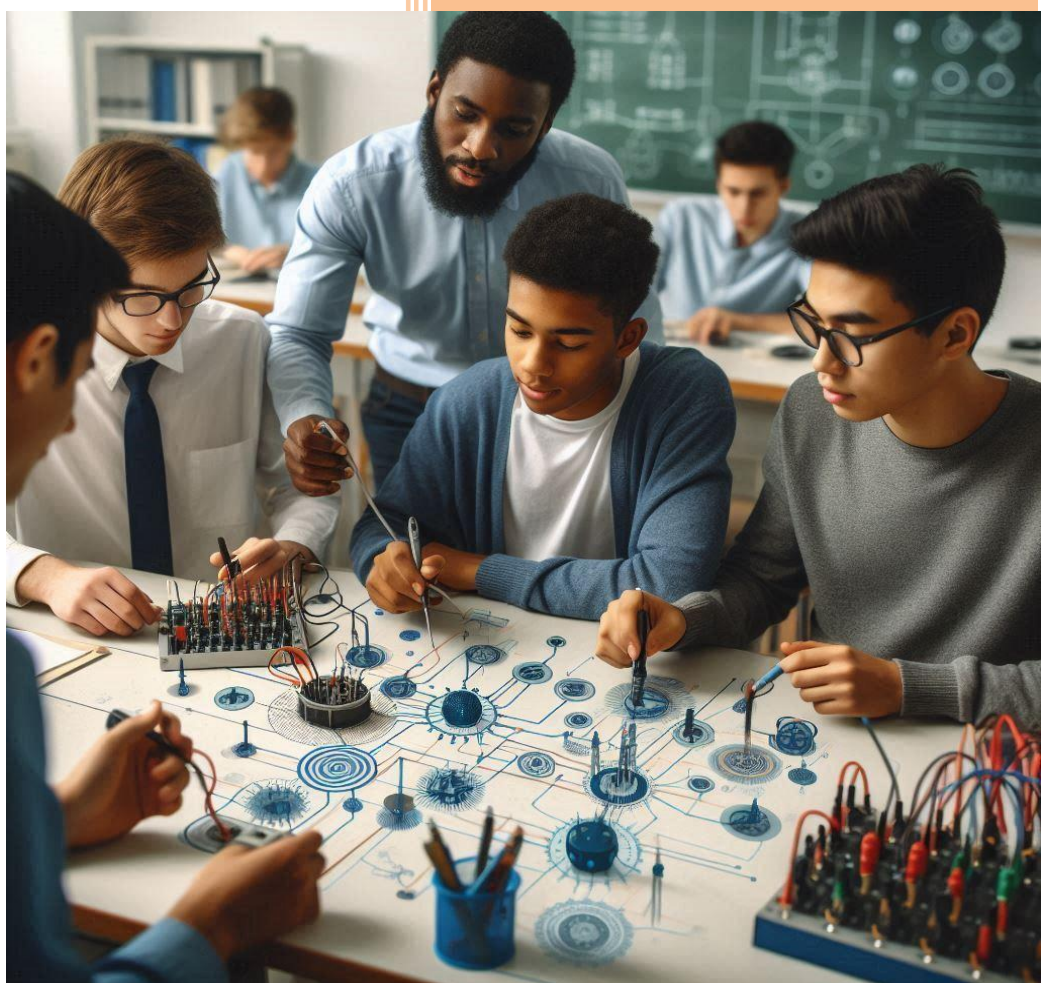


APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL



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

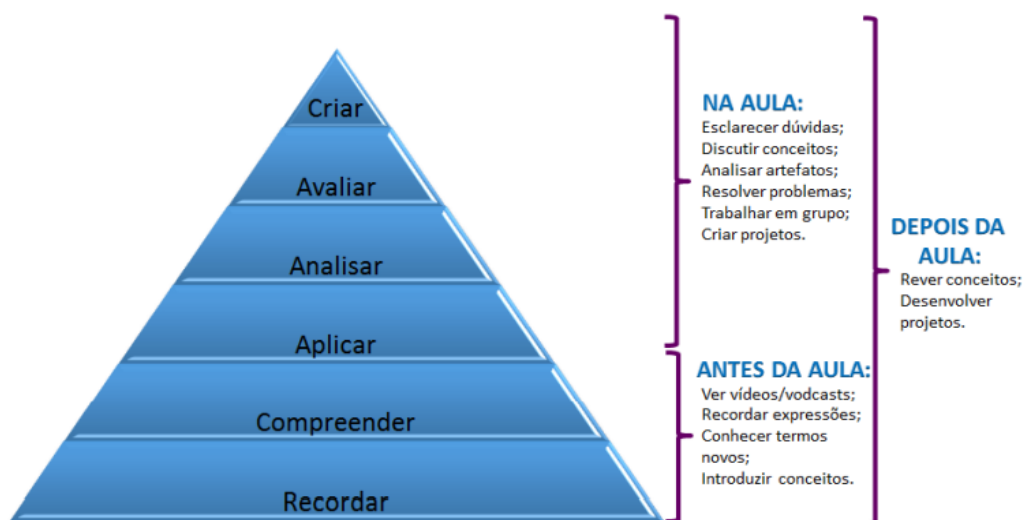
Na sala de aula invertida o professor disponibiliza textos, vídeos e materiais potencialmente significativos formando toda uma estrutura de apoio ao estudante e, após utilizarem esses meios disponibilizados para o aprendizado, tiram as dúvidas com professor. Inverte a ordem da aprendizagem. Primeiro 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.

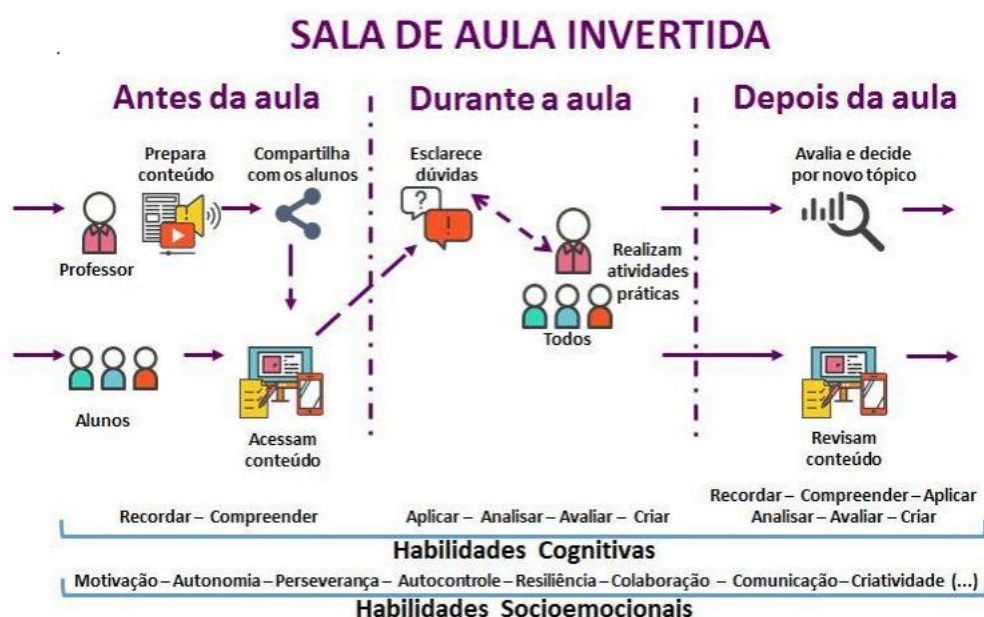
Figura 3.1 – Pirâmide hierárquica da Taxonomia de Bloom.



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?

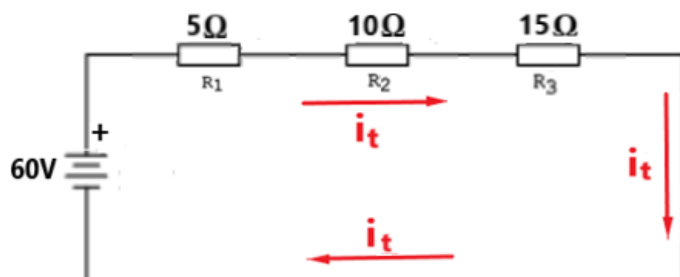
Especificações Técnicas				
Modelo	Torneira			
Tensão Nominal (Volts~)	127		220	
(Frio)	Desligado			
Potência Nominal (Watts) (Morno)	2 800	3 200	2 800	3 200
(Quente)	4 500	5 500	4 500	5 500
Corrente Nominal (Ampères)	35,4	43,3	20,4	25,0
Fiação Mínima (Até 30 m)	6 mm ²	10 mm ²	4 mm ²	4 mm ²
Fiação Mínima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

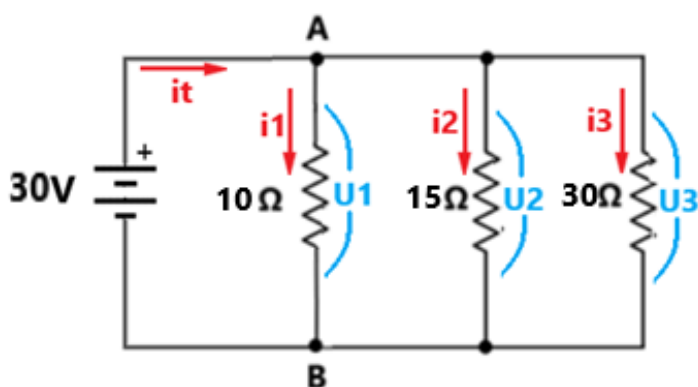


8) Por que os pássaros não levam choque quando estão com os pés sobre um mesmo fio?

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

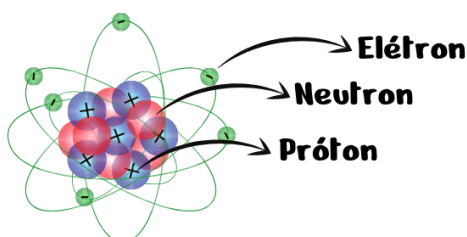
Vivemos cercados de aparelhos eletroeletrônicos que fazem parte do nosso cotidiano. Televisores, computadores, calculadoras, micro-ondas, lâmpadas, ventiladores e etc. Todos estes aparelhos utilizam leis da eletrodinâmica. Eles funcionam dentro de um conceito no qual chamamos de circuitos elétricos e 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, 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.

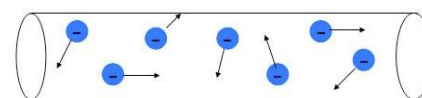
OBS 1: Dependendo da diferença de potencial aplicada em um meio, um isolante pode se tornar um condutor.

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.

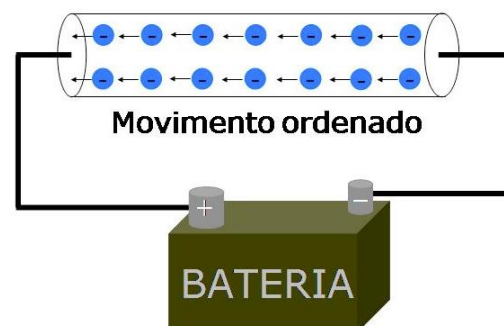


Movimento desordenado

Fonte:

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

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



Movimento ordenado

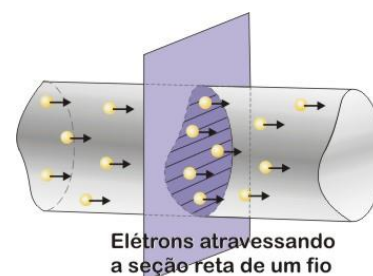
Fonte:

<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 secção reta de um condutor, conforme Fig.5.

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



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).

$\Delta t = 2s$

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

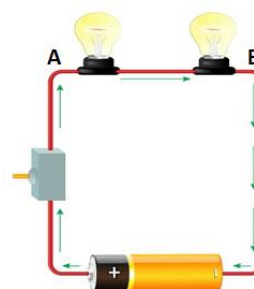
$$i = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow i = \frac{9,6 C}{2 s} \rightarrow i = 4,8 A$$

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.

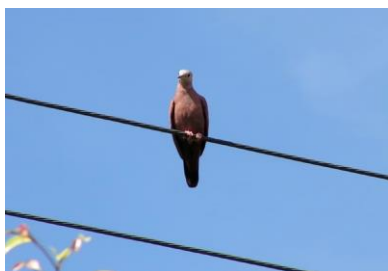
3.2 Tensão Elétrica ou d.d.p – diferença de potencial elétrica (U).

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.

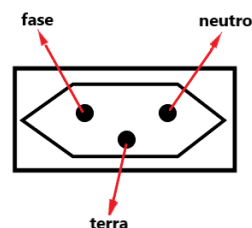


Fonte:
<https://eletricista24hs.com.br/passaro-nao-leva-choque/>

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.

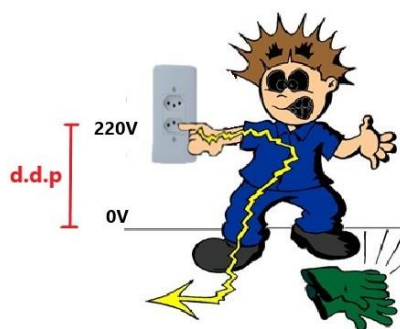
Figura 8 – Fase, neutro e terra de uma tomada residencial.



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

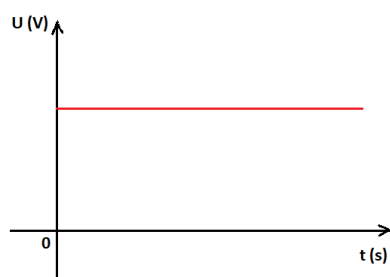


Fonte:

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

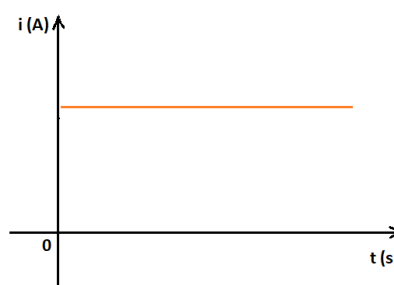
Vejamos os gráficos da tensão e corrente contínuas constantes em função do tempo:

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

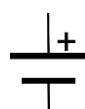


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

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

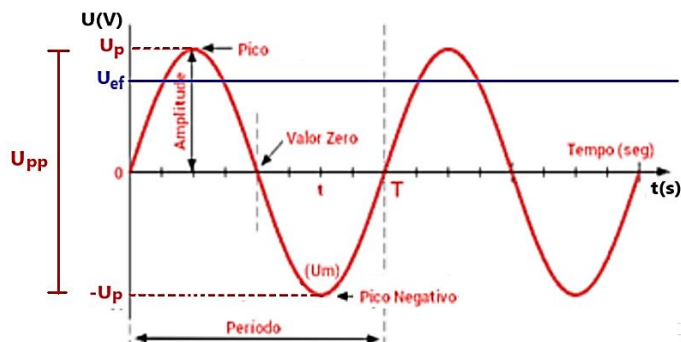
Sendo:

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:

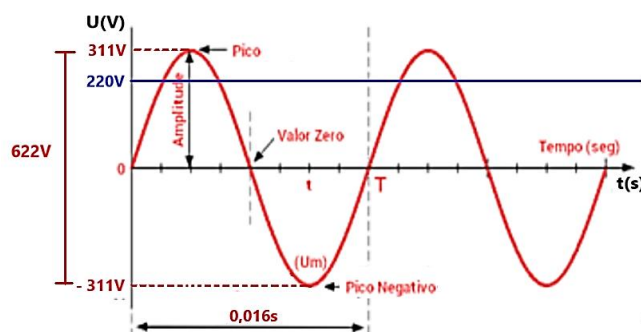
$U_{pp} = 2U_p \rightarrow U_{pp} = 2 \cdot 311V \rightarrow U_{pp} = 622V$ (Quando você leva um choque na tomada da rede, na realidade está sobre você uma tensão de 622V de pico a pico!)

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:

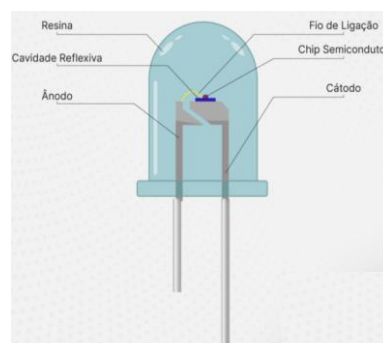
<https://www.linkedin.com/pulse/experimentando-aquisi%C3%A7%C3%A3o-de-dados-temperatura-e-o-sinais-ferreira>

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:

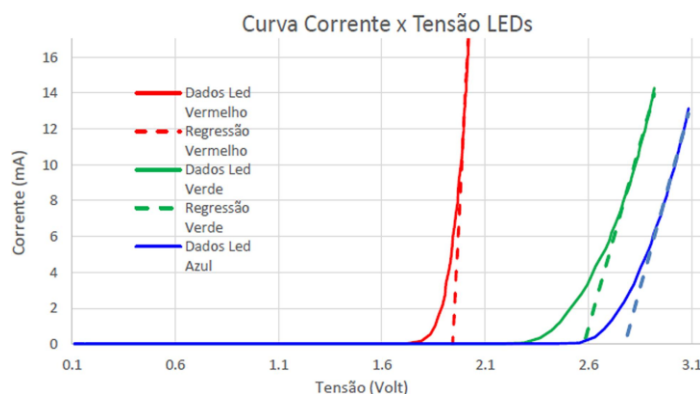
<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-led/>



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>

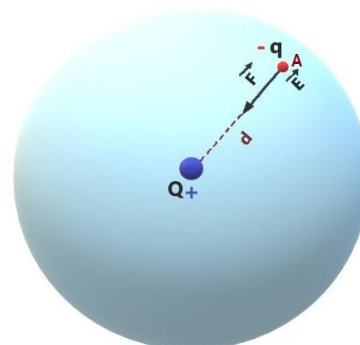
5. Campo Elétrico

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.

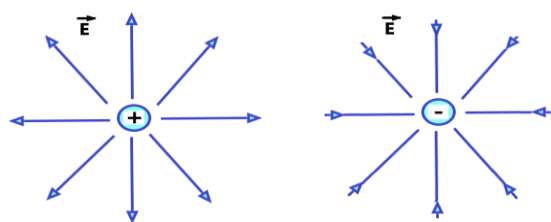
Dentro do que foi dito acima, Gualter, Newton e Helou (2012,p.32) define campo elétrico como “uma propriedade física estabelecida em todos os pontos do

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).

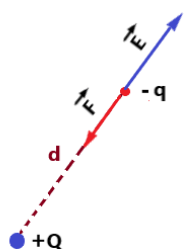
Figura 21 – Campos elétricos de afastamento e de aproximação gerados por uma carga positiva e negativa respectivamente.



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).

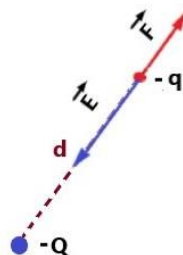
Figura 22 – Campo elétrico de afastamento gerado por uma carga $+Q$ e força de atração entre as cargas $-q$ e $+Q$.



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 $-Q$.



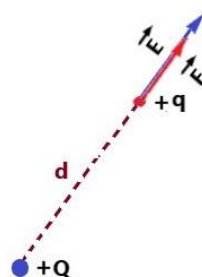
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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).

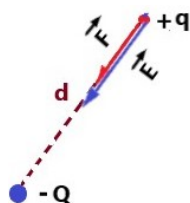
Figura 24 – Campo elétrico de afastamento gerado por uma carga $+Q$ e força de repulsão entre a carga $+q$ e $+Q$.



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 $-Q$.

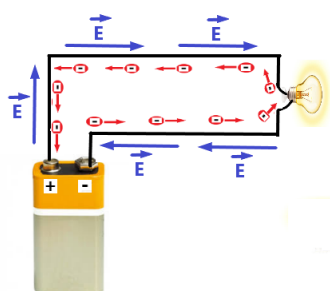


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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.

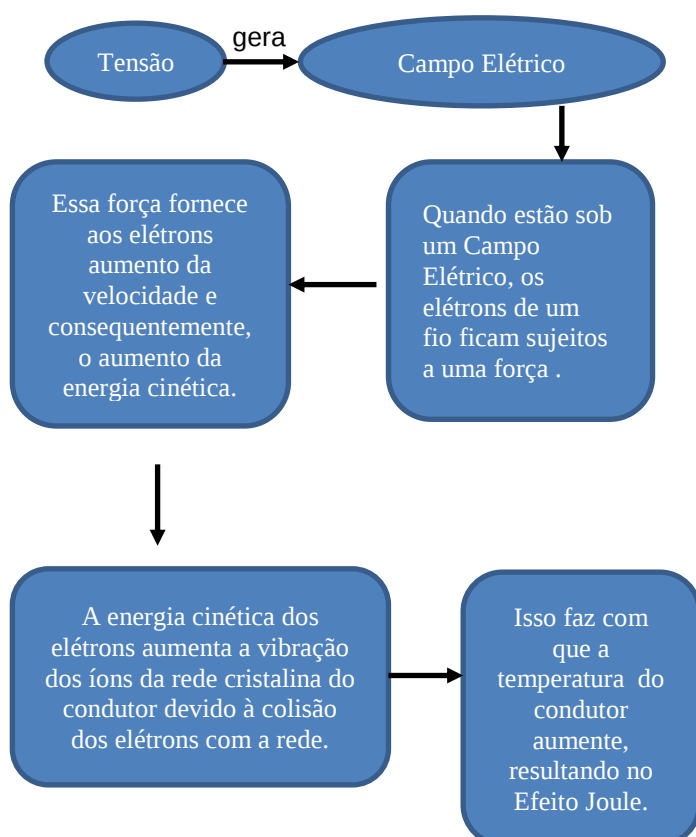
Obs: Em um curto-circuito a intensidade da corrente é tão grande que o Efeito Joule pode fazer com que o fio pegue fogo e cause um incêndio, portanto muito cuidado (ver Fig.29)!

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.

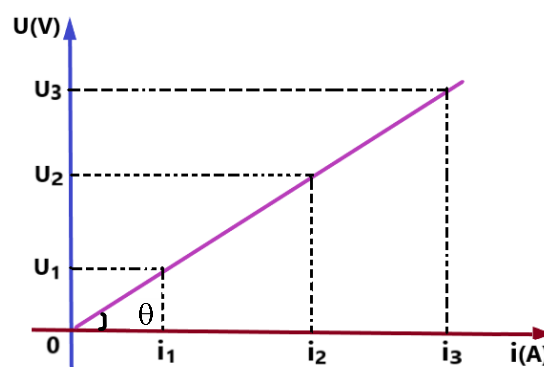
A descoberta da primeira lei de Ohm constituiu um grande marco no desenvolvimento da eletroeletrônica, pois nos possibilitou relacionarmos as grandezas corrente, tensão e resistência elétricas. A primeira Lei de Ohm diz que a razão entre as intensidades da tensão e corrente é igual à resistência. Aos 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:

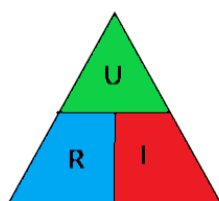
$$R = \frac{U}{I}$$

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

U é o valor da tensão em **V(Volt)**;

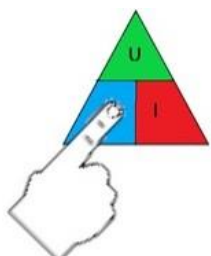
I é o valor a corrente elétrica em **A(Ampère)**.

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.

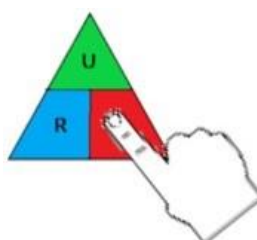


Observe que, ao cobrirmos a grandeza que queremos achar, o **U (tensão)** fica em cima e o **I (corrente)** fica em baixo.

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:

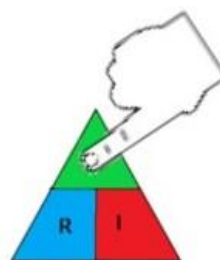


Observe que, ao cobrirmos a grandeza que queremos achar que é o **I (corrente)**, o **U (tensão)** fica em cima e o **R (resistência)** fica em baixo.

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 $100\ \Omega$ submetido a uma tensão de 12V ?

3) Por um resistor de $1\text{K}\Omega$ 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 $[\text{J}] / [\text{C}] = \text{W (Watt)}$. 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.

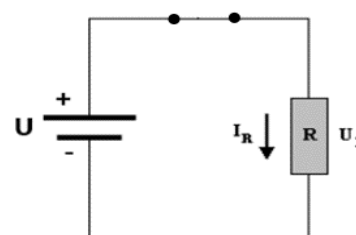
Na Fig.31 temos um circuito simples constituído por uma fonte de tensão contínua constante, um interruptor fechado e uma carga com certa resistência. O interruptor é um dispositivo usado para interromper ou deixar passar o fluxo de corrente (ver Fig.32). Abaixo, temos o símbolo de um interruptor simples:



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

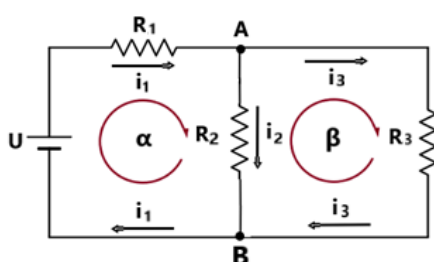


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

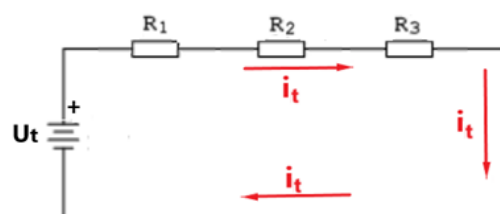
i_t = corrente total;

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.

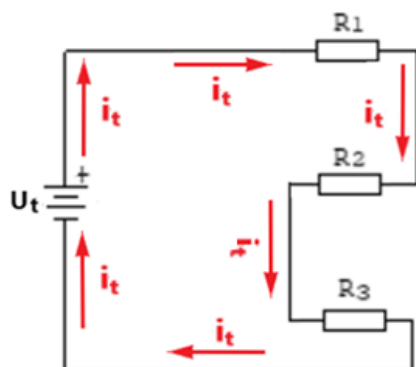
1. Numa associação em série de resistores **a corrente que circula pelo circuito é a mesma**, ou seja, a corrente que sai de um pólo da bateria é a mesma que chega ao pólo oposto (ver Fig.34 e 35). Tomem cuidado, pois não são as posições dos resistores que definem se uma associação está em série e sim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

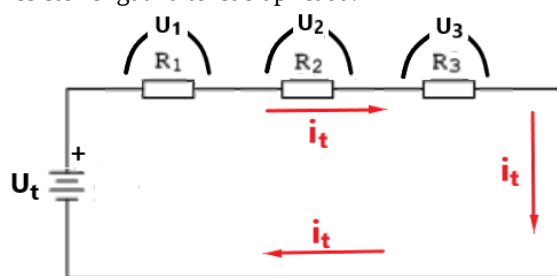


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

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

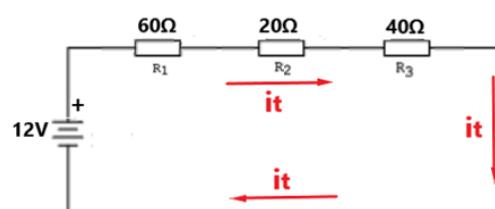
3. A *terceira característica* afirma que a resistência total (resistência equivalente) é igual à soma de cada resistência individual de uma associação em série de resistores.

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

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

Exercício

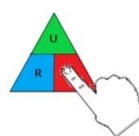
1) Calcule a corrente total e a queda de tensão em cada resistor da associação em série de resistores do circuito abaixo.



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.



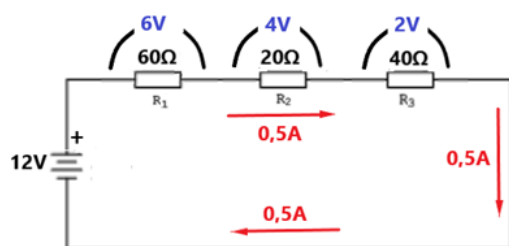
$$i_t = \frac{U_t}{R_t} = \frac{12V}{120\Omega} = 0,1A$$

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

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

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

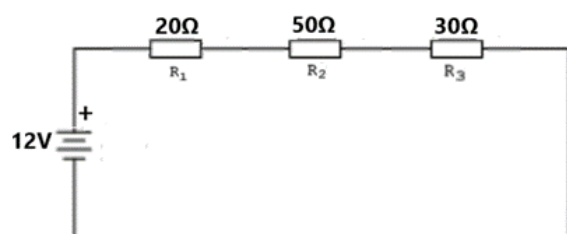
$$U_3 = R_3 \cdot i_t \rightarrow U_3 = 40 \cdot 0,1 \rightarrow U_3 = 4V$$



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.



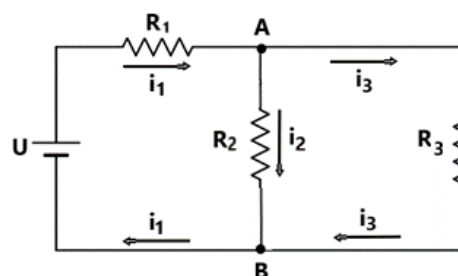
10. Associação em Paralelo de Resistores

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.

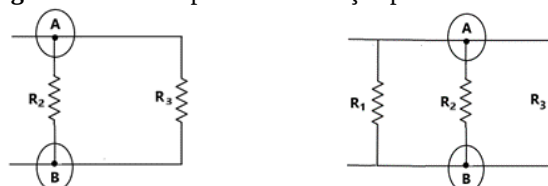


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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



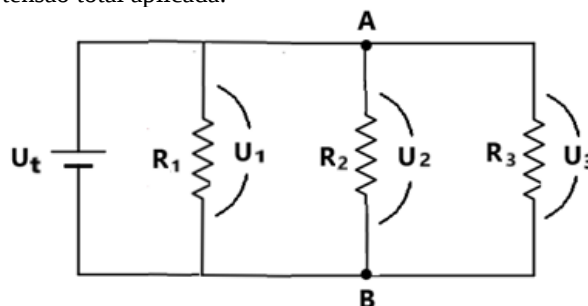
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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:

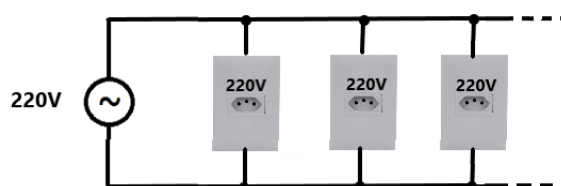
$$U_1 = U_2 = U_3 = U_t$$

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).

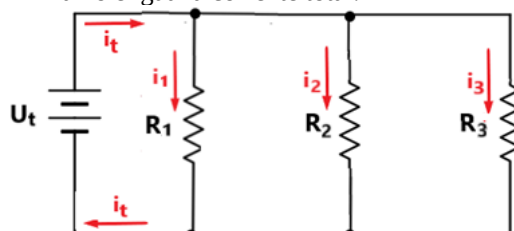
Figura 40 – Tomadas da rede residencial ou de estabelecimentos ligadas à tensão de 220V.



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:

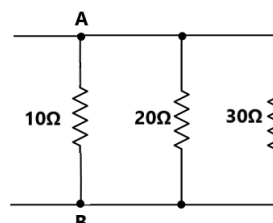
$$i_t = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

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.

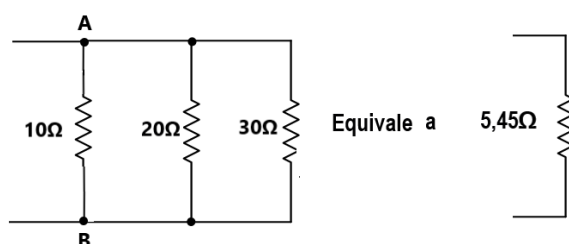
$$\frac{1}{R_t} = \frac{11}{60}$$

5. Agora invertemos os dois lados da proporção.

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

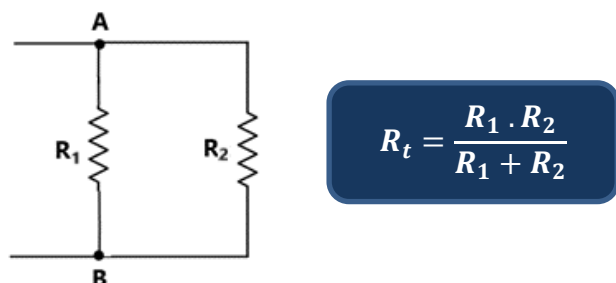
Observe que o valor da resistência total numa associação de resistores em paralelo, será sempre menor do que o menor valor da resistência dos resistores da associação. No exemplo acima, o valor do menor resistor é de 10Ω e o valor da resistência total é aproximadamente $5,45\Omega$.

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



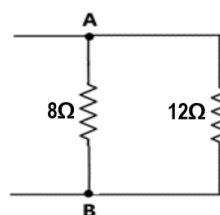
Segundo caso: quando temos apenas dois resistores diferentes associados em paralelo, utilizamos a equação mais simples que é derivada da equação geral (ver Fig.42).

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.

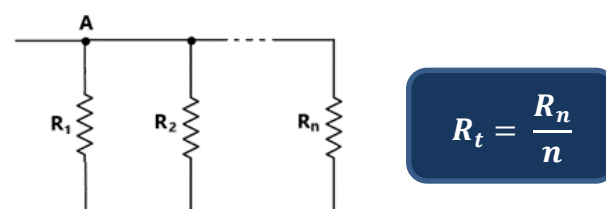
$$R_1 = 8\Omega \text{ e } R_2 = 12\Omega$$

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

$$R_t = 4,8\Omega$$

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.

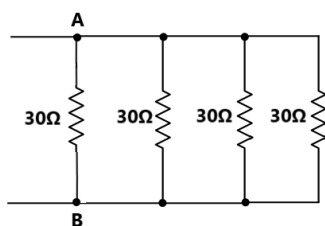


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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.

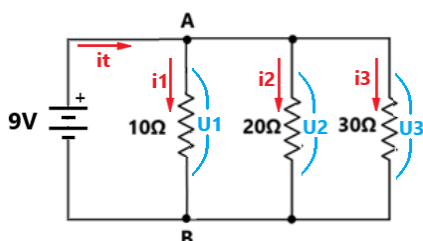
$$R_t = \frac{R_n (\text{Valor da resistência})}{n (\text{número de resistores})} = \frac{30}{4} = 7,5 \, \Omega$$

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

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.

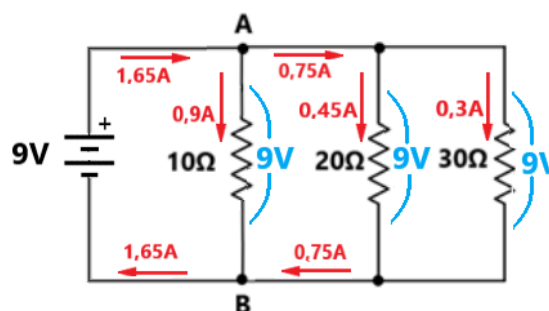
1ª Maneira: Usamos a segunda característica da associação em paralelo de resistores.

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

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**.

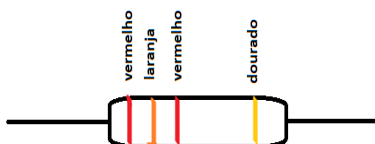
Tolerância é a margem de valor que o resistor pode ter a mais ou a menos do valor lido pelo código. Por exemplo, se você leu o valor do resistor e deu 100Ω e tolerância de 10%, significa que o valor do resistor pode estar entre 90Ω e 110 Ω, pois 10% de 100 Ω é 10 Ω. Se você observar, quanto menor é a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

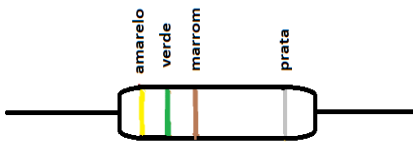


O primeiro algarismo será 2, o segundo será 3 e como a terceira faixa é o vermelho então acrescentamos 2 zeros ao valor (significa multiplicar por 100). A última faixa é a tolerância que, no caso da cor dourada, é de 5%.

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)

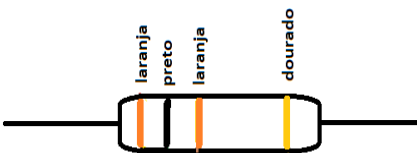
O primeiro algarismo será 4, o segundo será 5 e como a terceira faixa é o marrom então acrescentamos 1 zero ao valor (significa multiplicar por 10). A última faixa é a tolerância que, no caso da cor prata, é de 10%.

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

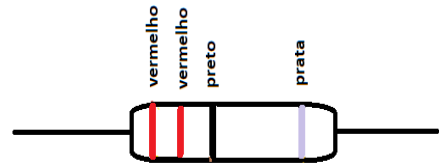
A tolerância de 10% significa que tiramos 10% de 450 que é igual a 45. Então o valor do resistor pode estar entre 405Ω ($450 - 45$) e 495Ω ($450 + 45$).

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

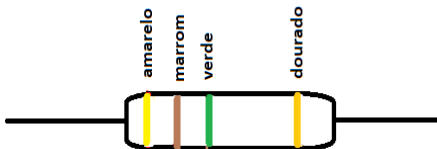
c)



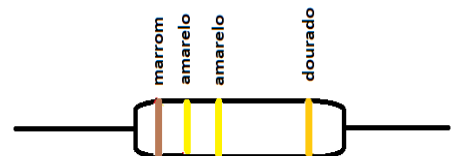
d)



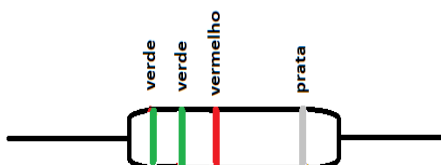
e)



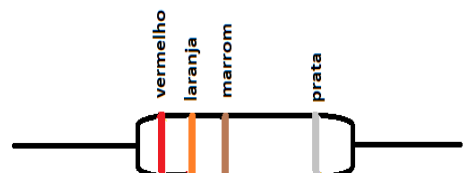
f)



g)



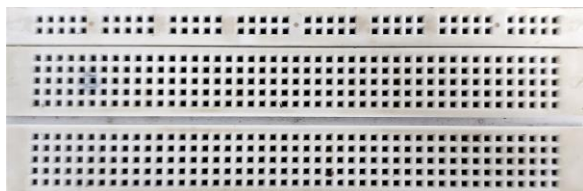
h)



Apêndice B – Como utilizar o *protoboard*

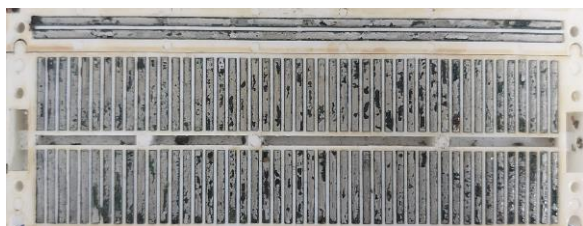
O *protoboard* é uma matriz de contato com vários furos que interiormente são ligados por fios condutores na vertical e horizontal e servem para montagem temporária de circuitos. Observe as figuras B1 e B2 abaixo:

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



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

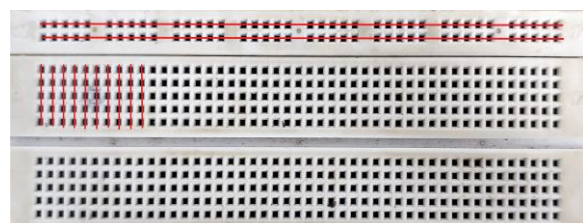
Figura B2 – Parte de baixo do protoboard. Observe como os fios estão dispostos.



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

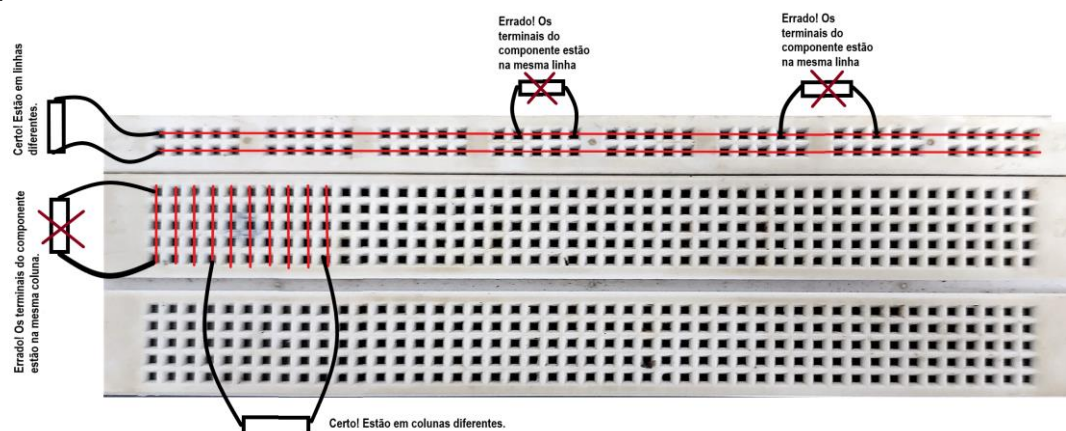
Figura B3 – Indicação da ligação dos furos por fios sendo representada por uma linha vermelha.



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)

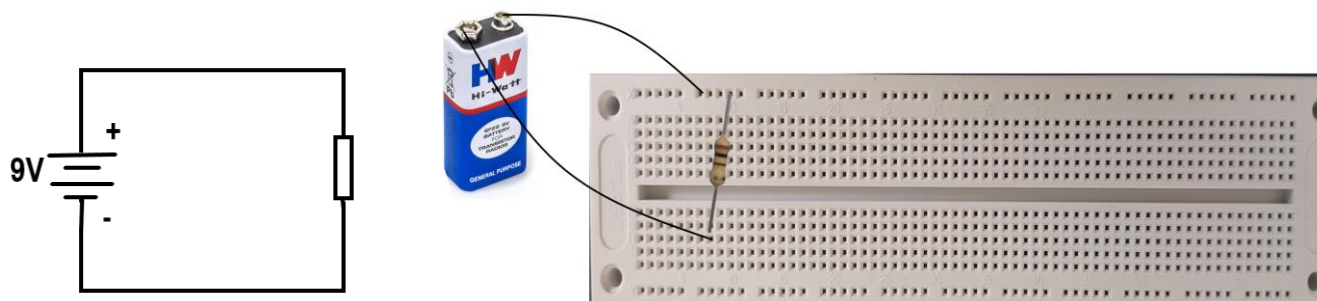
Figura B4 – Exemplo do que se deve fazer quando formos ligar os terminais de um componente num protoboard.



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.

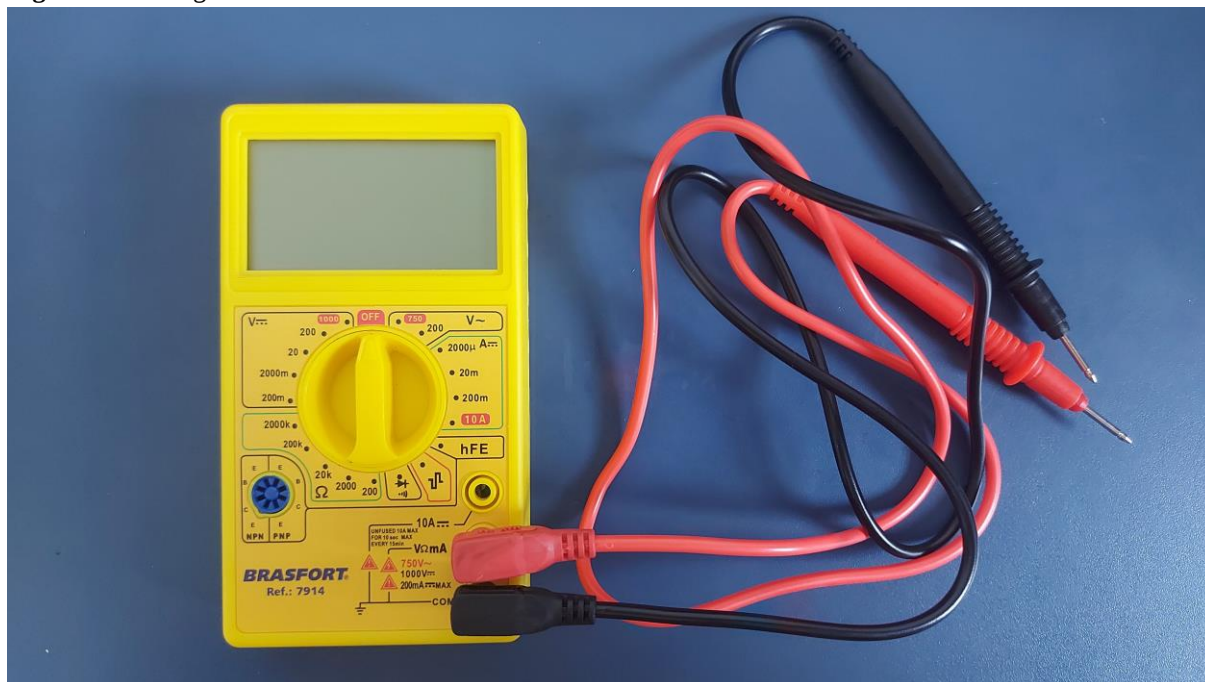


Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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.



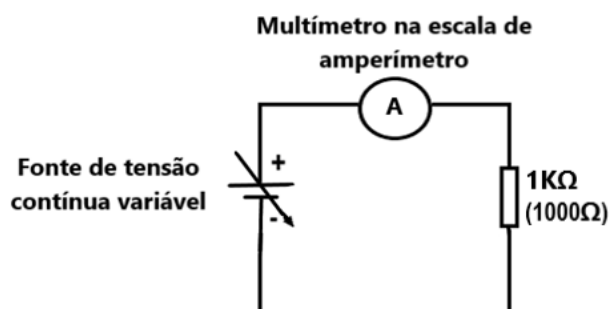
Fonte: Silva, U. L. T. (autor, 2024)

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!

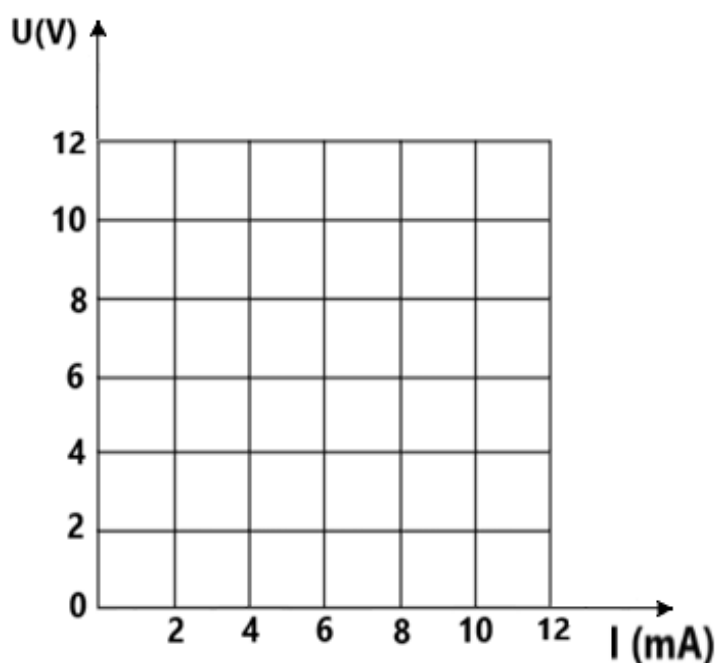
Apêndice D – Experimento sobre a Primeira Lei de Ohm

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.



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

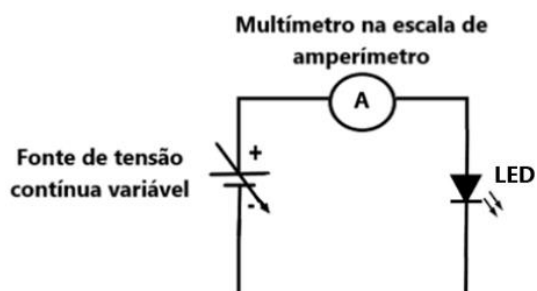
3º Passo – Trace o gráfico e calcule a tangente do ângulo.

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.

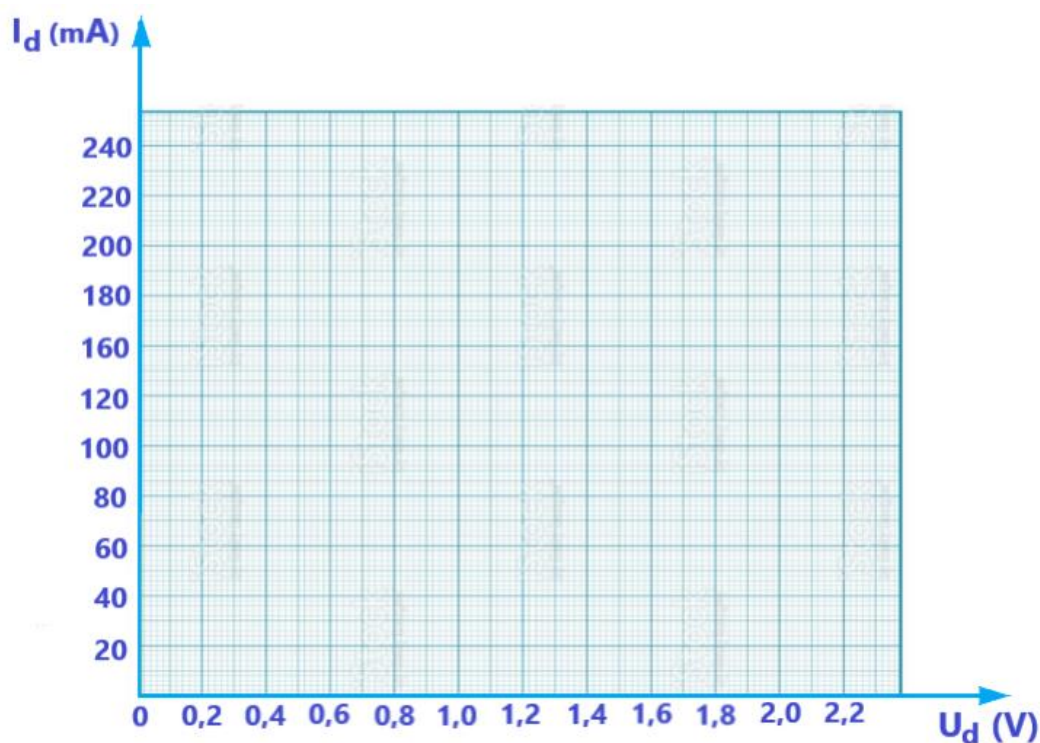
Apêndice E – Experimento com resistência não ôhmica

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	

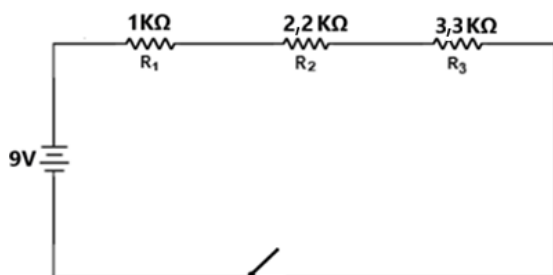
2º Passo – Monte o gráfico usando os valores encontrados e anotados na tabela acima.



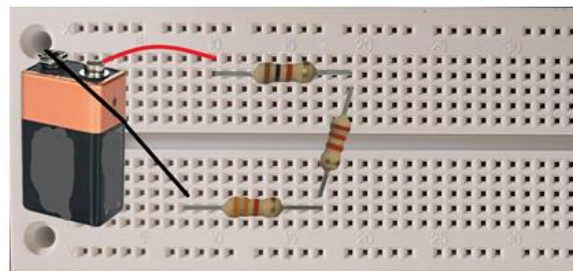
3º Passo – Qual conclusão você tirou com relação ao primeiro a resistência ôhmica do “Experimento sobre Lei de Ohm”? Qual a diferença entre gráfico de uma resistência não ôhmica para uma resistência ôhmica?

Apêndice F – Experimento com associação em série de resistores

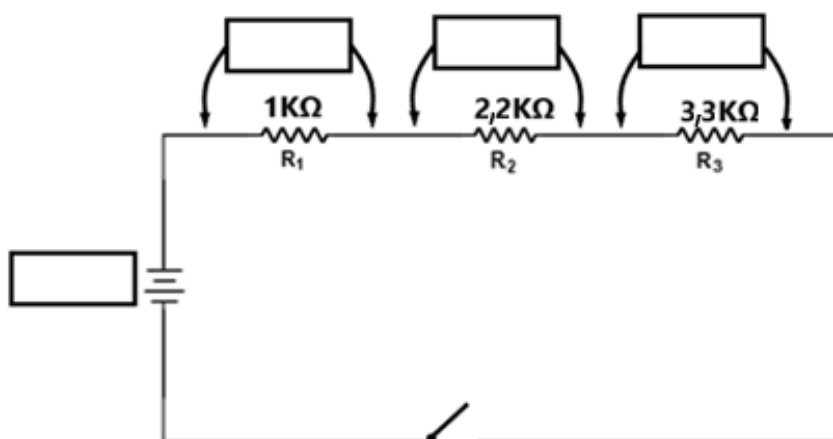
1º Passo – Calcule a tensão em cada resistor e a corrente total do circuito abaixo (em caso de dúvidas volte ao exercício do item 8 ou pergunte ao professor).



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?

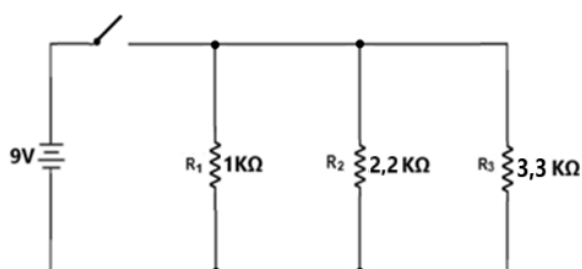
6º Passo – As medidas coincidiram com o valor calculado?

Sim () Não ()

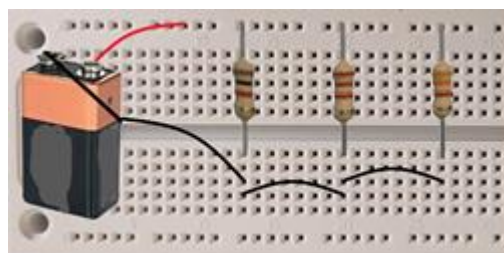
7º Passo – Se não, anote o que deu diferente e argumente com o seu professor o que pode ter causado essa diferença.

Apêndice G – Experimento com associação em paralelo de resistores

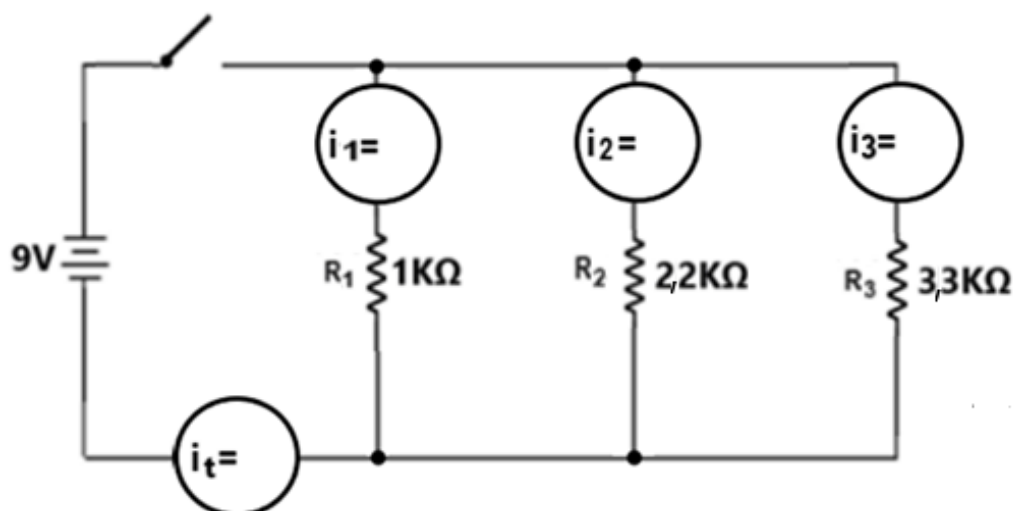
1º Passo – Calcule a tensão que fica em cada resistor, a resistência total, a corrente total e a corrente que passa por cada ramo do circuito abaixo (em caso de dúvidas volte ao exemplo 4 do item 9 ou pergunte ao professor).



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

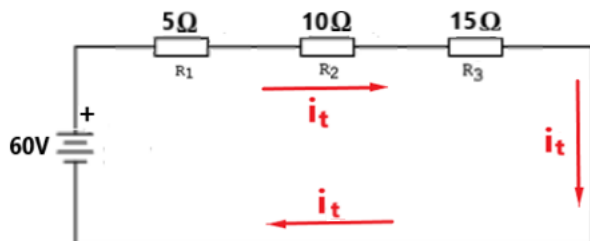
30

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.

