



PELOAR
(Protótipo Experimental da Lei de Ohm por Acesso Remoto)

Fábio Rodrigo São Pedro Correia

Maringá-Pr
Março - 2023



PELOAR
(Protótipo Experimental da Lei de Ohm por Acesso Remoto)

Fábio Rodrigo São Pedro Correia

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes.

Maringá-Pr
Março - 2023

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	3
1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
1.1 - Teoria de Aprendizagem e Aspectos Metodológicos.....	5
1.2 - Teoria de Aprendizagem Significativa.....	5
1.3 - Sequência Didática.....	6
1.4 -Teoria de Metodologias Ativas.....	8
1.5 - Mapas Mentais.....	11
2 - FUNDAMENTOS DE FÍSICA	13
2.2.1 - Atomística.....	13
2.2.2- Leis do Eletromagnetismo.....	14
2.2.2.1- Lei de Gauss.....	15
2.2.2.2- Lei de Ampère e Lei de Ampère Maxwell.....	17
2.2.2.3 – Lei de Faraday-Lenz.....	20
2.2.3 – Leis de Ohm	22
2.2.4 - Circuitos elétricos	28
2.2.5 – Medidas elétricas.....	33
2.2.5.1 - Elementos de um Circuito Elétrico	34
2.2.5.2 - Instrumentos de medição	39
3 - DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	46
3.1 – Sequência Didática.....	46
3.1.1 – Aula 01.....	47
3.1.2 – Aula 02.....	49
3.1.3 – Aula 03.....	50
3.1.4 – Aula 04.....	53
3.1.5 – Aula 05.....	58
3.1.6 – Aula 06.....	64
3.1.7 – Aula 07.....	68
3.1.8 – Aula 08.....	73
4 - PROTÓTIPO DO EXPERIMENTO PARA A LEI DE OHM EM ACESSO REMOTO (PELOAR)	76
5 - RESULTADOS ESPERADOS NA APLICAÇÃO DO PE	88
REFERÊNCIAS	90

INTRODUÇÃO

O ambiente educacional é permeado de contrastes e de informações que nos bombardeiam constantemente. Nesse cenário, é importante analisar o papel do professor como mediador da aprendizagem, pronto para despertar nos discentes o interesse, fazendo uso de técnicas criativas e contextualizadas. Atualmente, vivemos na era da tecnologia, os avanços nessa área são constantes e a educação deve lançar mão dessa ferramenta para cumprir seu objetivo que é a formação humana do educando.

Nós, professores temos nos deparado com inúmeras situações de aprendizagem, mas nada se compara ao desafio que enfrentamos com surgimento da COVID 19, em 2020. O vírus, que afetou vários segmentos da sociedade, afetou também a educação. O isolamento fechou temporariamente as escolas. Como as infecções pelo SARS-Cov2 não paravam de evoluir, as escolas continuaram fechadas e foi necessário implantar o ensino remoto. Diante de tantas incertezas e mutabilidades, os professores, mesmo aqueles que já faziam uso de recursos tecnológicos, tiveram que buscar ferramentas para ministrar aulas, de forma que os alunos não ficassem totalmente afastados do ensino sistemático.

Nesse contexto, foi necessário buscar uma consciência da realidade para produzir um trabalho de forma que se tornasse uma experiência significativa para o aluno e se transformasse em aprendizado e o ensino remoto passou a ser uma alternativa viável e significativa para muitas instituições de ensino.

Este trabalho, direcionado a professores do Ensino Médio, se apresenta em um PE (Produto Educacional) contendo uma sequência didática para aplicação sobre eletromagnetismo, envolvendo circuitos elétricos, explicados pela Lei de Ohm. A Sequência Didática será aplicada em oito aulas explorando os conceitos da física para que o educando compreenda o funcionamento da proposta desse projeto de pesquisa, acessando de forma remota, coletando dados e interpretando os resultados. É importante salientar que os tópicos constituintes dessa disciplina, geralmente não despertam o interesse do educando, fazendo-se necessário buscar ferramentas que atraiam seu interesse.

O presente PE, propõe estratégias de fácil aplicação em sala de aula e possibilita que os alunos participem ativamente do processo de aprendizagem por meio das atividades experimentais.

Este PE propõe um experimento inovador com manipulação remota por meio de celular, *tablet* e computadores. Trata-se do “Protótipo Experimental da Lei de Ohm por Acesso Remoto (PELOAR)” que permite medir a corrente elétrica num resistor ou num circuito elétrico quando são submetidos a cinco diferentes tensões elétricas, previamente determinadas. Assim, o PELOAR permite que os alunos consigam, a partir da manipulação experimental remota, compreender os conceitos dos princípios físicos inseridos em circuitos de corrente contínua (CC) e a Lei de Ohm.

Esse protótipo – PELOAR – tem como objetivo demonstrar ao educando que o conteúdo de Física, por ser abrangente, não se restringe à sala de aula, lembrando que o aluno está inserido em um contexto digital e tecnológico e esse fator deve ser usado como um processo dinamizador da aprendizagem, ele permite explicar e demonstrar aos alunos os conteúdos com clareza e objetividade.

Considera-se que, por meio de aulas e trabalhos realizados no sistema remoto, seja possível instigar os alunos a aprenderem física com entusiasmo, deixando o conteúdo teórico e as aulas práticas laboratoriais bem mais interessantes.

1 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Nesse capítulo abordaremos iniciando da base para a parte estrutural e metodológica e depois os fundamentos referentes ao conteúdo de Física.

1.1 - Teoria de Aprendizagem e Aspectos Metodológicos

Para a estrutura da abordagem e análise da SD, abordada do ponto de vista de Antoni Zabala (Zabala, 1998), utilizou-se parte da Teoria de Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel em 1968. Em relação a Metodologia, utilizou-se a Metodologia Ativa e entre as ferramentas didáticas, os mapas mentais.

1.2 – Teoria da Aprendizagem Significativa

Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o professor precisa levar em consideração o conhecimento prévio do aluno e, a partir disso, integrar novos conceitos às estruturas cognitivas, dessa forma, produz sentidos e significados sobre sua aprendizagem de forma contextualizada.

Moreira (2010), salienta que a aprendizagem significativa ocorre quando ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o educando já sabe. O autor esclarece que substantiva significa não literal e que não arbitrária indica um conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, denominado por Ausubel, como subsunçor ou ideia-âncora.

De acordo com essa teoria, quando o aluno depara com um conteúdo novo, reconfigura, reelabora suas estruturas mentais, os conhecimentos já existentes, tornando essas estruturas mais complexas. Então, o conhecimento prévio se expande, ganha novos significados. Assim, quanto mais conexões forem estabelecidas, mais consolidado será o novo conhecimento.

Ausubel propõe que se estabeleça a diferença entre dois tipos distintos de processos que são contínuos. O primeiro se refere a aprendizagem significativa, que é um processo, por meio do qual, as novas informações relacionam-se de maneira não literal, aos conhecimentos prévios do aluno. O segundo, é a aprendizagem de

novas informações com pouca associação aos seus conhecimentos prévios (aprendizagem mecânica). É importante salientar que esses dois processos não são antagônicos, ambos fazem parte de um processo contínuo, porém a aprendizagem significativa é permanente, enquanto a mecânica é efêmera e pode ser esquecida facilmente.

Ausubel (2003 apud. COELHO, 2019), distingue três tipos de conhecimentos significativos: aprendizagem representacional que significa a apresentação dos significados dos símbolos, aprendizagem de conceitos que representa os significados de letras e números e por último, aprendizagem proposicional que é aprender o que cada palavra significa e a junção das palavras que expressam uma frase ou uma ordem. Vale lembrar que para se chegar ao conhecimento proposicional, é preciso passar pelos conhecimentos representacional e conceitual.

O autor propõe ainda a teoria da assimilação afirmado que é um processo que acontece quando um conceito significativo é assimilado sob um conceito mais inclusivo já existente na estrutura cognitiva, ou seja, quando um é inserido e um novo conhecimento é construído por meio das estruturas cognitivas.

Ainda, segundo a teoria de Ausubel, o aprendizado significativo pode ser distinguido em três formas: por “subordinação”, por “superordenação” e de “modo combinatório”. Aprendizagem por subordinação acontece quando uma informação passa a ter significado. Aprendizagem por superordenação é quando um conceito inicial é inserido e o cognitivo assimila seu significado. Aprendizagem por meio combinatório é quando outro conceito é aplicado e precisa fazer a combinação destes dois conceitos juntos criando um novo conhecimento com sua junção.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, propõe que o ambiente educacional conduza o educando a ser parte integrante do conhecimento, respeitado seus saberes prévios, diminuindo a distância entre a teoria e a prática, fazendo com que o aprendiz reflita, a todo momento, sobre sua aprendizagem.

1.3 - Sequência Didática

Segundo Zabala (1998), não é possível ensinarmos sem nos determos nas referências de como os alunos aprendem, chamando atenção para as particularidades dos processos de aprendizagem de cada aluno. O autor também explica que todo conteúdo deve-se trabalhar de forma contínua e não como conteúdo isolado e, para

cada tipo de conteúdo, se deve utilizar atividades e metodologias diferenciadas.

O autor faz citações sobre 4 tipos de conteúdos a serem abordados em uma SD, são eles:

- **Conteúdos factuais:** quando os conteúdos estão ligados a algo concreto, tipo idade de uma pessoa;

- **Conteúdos conceituais:** está relacionado a termos abstratos que acontecem dentro de um determinado objeto ou fato, e que o aluno vai perceber as mudanças que foram ocorrendo e são capazes de analisar as mudanças ocorridas de forma integrada;

- **Conteúdos Procedimentais:** esses conteúdos são trabalhados de forma integrada, dirigida com o intuito de se chegar ao resultado desejado;

- **Conteúdos Atitudinais:** são conteúdos que exigirão do aluno um certo conhecimento sobre o conteúdo, que o aluno consiga analisar todo o contexto e enredo, dentro destes conteúdos o aluno precisa fazer uma escolha, adotar uma postura e mudar suas atitudes cotidianas por meio da atitude que resolveu tomar.

A avaliação da aprendizagem é um dos assuntos mais polêmicos da educação. Entre as principais dúvidas sobre o assunto podemos citar, qual o objeto da avaliação: o sujeito aluno, o grupo ou o processo. Zabala (1998) considera que

As definições mais habituais da avaliação remetem a um todo indiferenciado, que inclui processos individuais e grupais, o aluno ou a aluna e os professores. Esse ponto de vista é plenamente justificável, já que os processos que têm lugar na aula são processos globais em que é difícil, e certamente desnecessário, separar claramente os diferentes elementos que os compõem. Nossa tradição avaliadora tem se centrado exclusivamente nos resultados obtidos pelos alunos. Assim, é conveniente dar-se conta de que, ao falar de avaliação na aula, pode-se aludir particularmente a algum dos componentes do processo de ensino/aprendizagem, como a todo o processo em sua globalidade (ZABALA, 1998, p.196).

O autor defende que o melhor a se fazer em relação à avaliação, é ajudar o aluno a alcançar os critérios necessários para se auto avaliar, relacionando o papel que essa atividade tem na sua aprendizagem.

O termo avaliação formativa se refere a uma “concepção de avaliação, entendida como aquela que tem como propósito a modificação e a melhora contínua do aluno que se avalia; quer dizer, que entende que a finalidade da avaliação é ser um instrumento educativo que informa e faz uma valoração do processo de aprendizagem, seguido pelo aluno, com o objetivo de lhe oportunizar, em todo momento, as propostas educacionais mais adequadas.” (Zabala 1999)

Segundo Zabala, a avaliação formativa caracteriza-se como um processo, tendo quatro etapas definidas: inicial, reguladora, final e integradora (Zabala, 1988, p. 8).

Na etapa inicial, leva-se em conta que o aluno chega à escola com uma bagagem de conhecimentos e experiências pessoais, esses requisitos devem ser levados em conta pelo professor para uniformizar os conteúdos e a forma de ensinar, ou seja, deve-se avaliar como o aluno aprende e como o professor ensina. Esse tipo de avaliação pode ser individual ou grupal e se avaliam os alunos, os professores e o aprendizado. O autor diz que é essencial avaliar os alunos individualmente porque cada aluno tem uma bagagem educativa, um estilo de vida, uma cultura diferente. Esta etapa mostrará ao professor o que cada aluno já sabe, quais são as dificuldades, os níveis de dificuldades que o aluno possui, assim, o professor saberá que caminho irá tomar.

Na etapa reguladora leva-se em conta que, muitas vezes acontecerão mudanças no plano de ação previsto pelo professor, pois os alunos são diferentes e têm experiências educacionais diferentes, experiências essas, que não se repetem. Diante disso, serão necessárias adequações ao plano, introduzindo novas atividades que envolvam desafios adequados às novas situações que pode se apresentar.

A etapa da avaliação final, se refere aos resultados obtidos e conhecimentos adquiridos durante o percurso de aprendizagem. Entende-se também que avalia o grau de conhecimento que o aluno atingiu ao final do ciclo, suas especificações, suas habilidades e dificuldades.

A avaliação integradora se refere ao conhecimento e avaliação de todo o percurso do aluno, ou seja, uma visão global do processo para adequar as ações – o que se deve continuar fazendo e o que deve ser refeito.

Cada tipo de avaliação é realizado para apreciar um tipo de processo de aprendizagem e o foco maior está no que o aluno aprendeu ou não, ou como iremos lidar com esse aluno, enfim, o objetivo maior nas avaliações está em saber como lidar com cada aluno.

1.4 – Teoria das Metodologias Ativas

A expansão do uso das tecnologias digitais de comunicação e informação por meio de dispositivos móveis conectados à internet, que podem ser usados em

diferentes lugares e tempos, têm gerado grandes mudanças na sociedade. Essas mudanças exigem uma postura crítica frente à informação e ao conhecimento e levam ao imediatismo da cultura digital.

Diante da facilidade de acesso à informação, de fazer parte de redes sociais nas quais é possível partilhar interesses, conhecimentos, práticas e valores, devemos pensar em qual seria o sentido da escola para o aluno. Questões como essa exigem reflexão por parte de professores e profissionais da educação, pois no atual contexto, deve-se analisar as práticas metodológicas centradas na fala do professor e na atitude passiva do aluno, que eram práticas utilizadas em gerações anteriores.

A educação deve ofertar condições de aprendizagem que levem o aluno a questionar as informações às quais tem acesso, bem como, problematizar a realidade em que vive, criar condições de transformá-la quando necessário. Deve também, despertar a curiosidade para buscar novos conhecimentos, compartilhar o que sabe e aprender a trabalhar em grupo. Nesse contexto, as metodologias ativas têm grande importância, pois o foco do processo de ensino e de aprendizagem está no aluno e envolve descoberta, investigação e resolução de problemas. De acordo com Valente:

As metodologias voltadas para a aprendizagem consistem em uma série de técnicas, procedimentos e processos utilizados pelos professores durante as aulas a fim de auxiliar a aprendizagem dos alunos. O fato de elas serem ativas, está relacionado com a realização de práticas pedagógicas para envolver os alunos, engajá-los em atividades práticas nas quais eles sejam protagonistas de sua aprendizagem. Assim as metodologias ativas procuram criar situações de aprendizagem nas quais os aprendizes possam fazer coisas, pensar e conceituar o que fazem e construir conhecimento sobre os conteúdos envolvidos nas atividades que realizam, bem como desenvolver a capacidade crítica, refletir sobre as práticas realizadas, fornecer e receber feedback, aprender a interagir com colegas e professor, além de explorar atitudes e valores. (VALENTE, José, 2018, p. 28)

Vale ressaltar que a aprendizagem é ativa, pois aprendemos desde que nascemos. Aprendemos as teorias para depois aplicá-las no concreto e, a partir de situações concretas, conseguimos ampliar e generalizar (processos dedutivo e indutivo). Continuamos aprendendo no decorrer da vida, com pessoas mais experientes, por experimentação, por questionamento. Moran esclarece:

A aprendizagem é ativa e significativa quando avançamos em espiral, de níveis mais simples para níveis mais complexos de conhecimento e competência em todas as dimensões da vida. Esses avanços realizamos por diversas trilhas com movimentos, tempos e desenhos diferentes, que se integram como mosaicos dinâmicos, com diversas ênfases, cores e sínteses, frutos das interações pessoais, sociais e culturais em que estamos inseridos. (MORAN, 2018, pg. 2)

O processo de aprendizagem não é igual para todos, cada aluno aprende da forma que é mais importante e mais próxima do seu nível de competência, aprende o que o interessa, o que faz sentido, o que é significativo. Sabemos que a escola é um espaço importante, entretanto oferece técnicas de aprendizagem que nem sempre são eficazes para se atingir os objetivos desejados.

Moran (2018) salienta que “a aprendizagem ativa aumenta nossa flexibilidade cognitiva, que é a capacidade de alternar e realizar diferentes tarefas, operações mentais ou objetivos e de adaptar-nos a situações inesperadas, superando modelos mentais rígidos e automatismos pouco eficientes”.

As metodologias ativas objetivam tornar o aluno protagonista incentivando-o a aprender de forma autônoma e participativa, levando-o ao pensamento reflexivo, usando problemas e situações reais preparando atividades que o leve a refletir, debater, tomar decisões, construindo o conhecimento.

Nesse processo, o professor é um orientador, mediador do aprendizado, possibilitando ao educando ser protagonista dos seus estudos. Em função disso, é importante que o conteúdo trabalhado seja significativo para o aluno, que o motive a aprender. Segundo Moran (2018), “cada estudante, de forma mais direta ou indireta, procura respostas para suas inquietações mais profundas e pode relacioná-la com seu projeto de vida e sua visão de futuro, principalmente ao contar com monitores competentes e confiáveis.”

Ao contrário do que se pode pensar, o professor tem papel fundamental nesse processo, mesmo sendo coadjuvante para a aprendizagem do educando, pois ajuda a desenhar roteiros atrativos, orienta, problematiza, amplia cenários.

Muitos modelos de metodologias ativas de aprendizagem são utilizados em práticas pedagógicas, como a teoria da assimilação – David Ausubel, a sequência didática proposta por Zabala, aprendizagem baseada em problema, aprendizagem baseada em projeto, sala de aula invertida, aprendizagem baseada em times, gamificação, design thinking, entre outros.

As metodologias ativas têm recebido atenção especial por parte de professores e gestores escolares, como uma maneira de ofertar aprendizagem significativa aos educandos. Nesse contexto, o professor exerce um papel amplo e complexo que não se limita a ser o detentor do conhecimento e transmitir informações de uma área específica. Ele é o orientador de projetos profissionais e projetos de vida dos educandos, pois a aprendizagem se torna realmente significativa quando está

relacionada à sua vida, seus projetos e expectativas.

1.5 – Mapas Mentais

Mapas mentais têm origem na Teoria Construtivista de Aprendizagem de David Ausubel. Na Teoria Construtivista, os conceitos são apresentados usando ferramentas que levam a facilitar a aprendizagem para torná-la significativa ao aluno.

Mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina (MOREIRA, 1992)

Esses mapas são considerados como recurso de autoaprendizagem e uma estratégia para estimular a organização dos materiais de estudo, além de tornar o processo de ensino- aprendizagem mais dinâmico e mais resolutivo.

A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. Ao contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva uma vez que se produziu menos essa incorporação e atribuição de significado e o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva (PELIZZARI et al., 2002, p. 38).

Na aprendizagem mecânica, os novos conteúdos assimilados não interagem com o conhecimento prévio e pode ser perder com o tempo por não ser significativo para o aluno. Segundo Moreira (2012), o educando pode reproduzir o conteúdo aprendido mecanicamente, mas não significa nada para ele”. Já quando o conhecimento é significativo, o conhecimento prévio e os novos conceitos ganham novos sentido e passam a fazer parte da vida do aluno.

Na sua construção, utilizam-se setas com frases de conexão e figuras geométricas com palavras-chave dos conceitos da temática abordada; cada figura possui uma ordem de hierarquia piramidal de conteúdo, partindo do geral para os específicos. Essa técnica pode ser utilizada para uma aula ou palestra, um curso ou mesmo um programa educacional, porém, não é autoexplicativa e deve ser apresentada e detalhada pelo professor na conclusão de um determinado conteúdo, quando os alunos já possuem algum domínio do tema tratado e conseguem entender as conexões dos conceitos e palavras-chave (MOREIRA, 2012).

Os mapas mentais são ferramentas educacionais eficientes para se verificar a assimilação conceitual por parte do aluno, já que se trata de um diagrama que relaciona os conceitos estudados por meio de palavras-chave que se ligam a tópicos e subtópicos (parte do geral para o distintivo) que se referem a conhecimentos

específicos. Deve ser estruturado respeitando uma hierarquia dos elementos que o constituem, para em seguida, fazer a interligação entre eles.

Apesar de sua eficácia, Moreira (2012) afirma que não é uma estratégia educacional autoexplicativa, pois, para entendê-la, o aluno já deve ter algum domínio sobre o conceito abordado.

2 – FUNDAMENTOS DA FÍSICA

É notório que a física vem se desenvolvendo através dos anos, onde há algumas décadas passadas, não havia a quantidade de tecnologia que há atualmente, tornando-se “mais simples” seu avanço. Mesmo em eras que não existiam o processamento computacional para realizar simulações e pesquisas, inúmeros físicos foram capazes de desenvolver suas teorias em diversas áreas da física. Um exemplo disso, diz respeito ao físico James Clerk Maxwell, que conseguiu comprovar os princípios básicos do eletromagnetismo com as “famosas equações de Maxwell”.

Nesta seção, faremos uma breve descrição dos fundamentos físicos utilizados nessa dissertação e, conseqüentemente, no produto educacional. Assim abordaremos os seguintes tópicos: Atomística, as Leis de eletromagnetismo (Lei de Gauss, Lei Ampère e Lei de Ampère-Maxwell e Lei de Faraday-Lenz), de Leis de Ohm, circuitos elétricos, medidas elétricas, elementos de um circuito elétrico e instrumentos de medidas.

2.2.1 – Atomística

De acordo com Nye (1976), durante o século XIX, a ideia do átomo era vista por grande parte da comunidade científica como a hipótese básica para uma interpretação quantitativa dos dados empíricos, embora houvesse dúvidas e especulações sobre a realidade dos átomos, algumas das quais filosóficas.

O desafio, que os atomistas enfrentaram para tornar a hipótese atômica geralmente aceitável, foi estabelecer a articulação necessária entre as dimensões macroscópica e microscópica (ABRANTES, 1998).

“Embora muitos historiadores da ciência tenham escrito sobre vários aspectos das controvérsias científicas do século XIX envolvendo atomistas e antiatomicistas, esse é um assunto pouco conhecido por estudantes e professores de química” (NYE, M. J, 1976). “A evidência para esta afirmação pode ser encontrada na abordagem trivial do problema na maioria dos livros-texto de química geral, que introduzem a teoria atômica de Dalton” (ABRANTES, 1998).

A formulação de Dalton da teoria atômica deu legitimidade a uma nova forma de praticar a química. As explicações introduzidas por Dalton tiveram um papel inovador e permitiram o surgimento de um novo paradigma. Sua teoria nos permitiu entender a diferença entre conceitos como mesclar e unir.

Fregonez (2017) afirma que a atomística ou atomologia, consiste no estudo sobre os átomos, desde sua estrutura, como as partículas subatômicas são distribuídas dentro deles, até as semelhanças que existem entre os átomos. “Os modelos atômicos atuais assumem a existência de um núcleo atômico, onde está a maior parte da massa, consistem em cargas positivas (prótons) e neutras (nêutrons), cercadas por elétrons (cargas negativas). Os núcleos exercem atração eletrostática sobre os elétrons, fazendo com que eles circulem ao seu redor” (FREGONEZ, 2017).

2.2.2 - Leis do eletromagnetismo

“Ao longo dos anos, o ramo da física tem se desenvolvido consideravelmente, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento da sociedade em diversos aspectos. Um deles é referente à eletricidade que, atualmente, faz parte das necessidades básicas da humanidade” (ARRUDA, 2021). Para contemplarmos o eletromagnetismo, será necessário falarmos da eletricidade e do magnetismo, conforme os próximos parágrafos.

A eletricidade está presente na natureza, em quaisquer corpos, podendo ser eletricamente neutros, eletrizado positivamente quando um corpo apresenta grande acúmulo de cargas positivas, pode ser também eletrizado negativamente, quando o corpo possui acúmulo de cargas negativas. Segundo as regras da natureza, apenas os corpos de cargas opostas se atraem. Nesse trabalho, as cargas serão representadas pela letra q . (ASSIS, 2018).

O magnetismo, por sua vez, é representado por um dipolo, como em um ímã, constituído por um Polo Norte e Polo Sul. Assim, pode exercer uma força sobre outro ímã, ou em algum tipo de ferro que seja não-imantado.

Tendo como base o breve resumo acima sobre o magnetismo, é possível comentar sobre algumas leis (Lei de Gauss, Lei de Faraday e Lei de Ampère) que estão relacionadas ao eletromagnetismo (formado pela interação dos campos elétricos e dos campos magnéticos e suas fontes). A seguir serão discutidas as leis do eletromagnetismo.

2.2.2.1 - LEI DE GAUSS

A Lei de Gauss expressa a relação entre a carga elétrica q e o campo elétrico \vec{E} . De acordo com a Lei de Gauss, o fluxo do campo elétrico total Φ_E que atravessa um elemento de área dA de qualquer superfície fechada S , denominada de superfície gaussiana, é proporcional à carga elétrica líquida q que há no interior dessa superfície. (HALLIDAY, 1976). Portanto, a lei de Gauss na sua forma integral é expressa como

$$\varepsilon_0 \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = q. \quad [1]$$

Utilizando a definição do fluxo do campo elétrico (HALLIDAY, 1996),

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A}. \quad [2]$$

A Equação [1] fica escrita na forma:

$$\varepsilon_0 \Phi_E = q, \quad [3]$$

em que: ε_0 representa a permissividade elétrica no vácuo cujo valor é $8,854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$.

Para uma breve discussão de aplicação da Lei de Gauss, considere uma superfície esférica como a superfície gaussiana. Sabe-se que as linhas do campo elétrico de uma carga puntiforme positiva q se irradiam para fora da carga igualmente em todas as direções. Se esta carga estiver no centro dessa superfície de raio R , o módulo do campo elétrico \vec{E} em qualquer ponto da superfície é expresso pela Equação [4],

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2}. \quad [4]$$

O vetor \vec{E} é perpendicular em todos os pontos da superfície da esfera, e possui o mesmo módulo em todos os seus pontos. Assim, o fluxo elétrico resultante (Equação [2]) é expresso pela Equação [5]. O valor da área da superfície esférica está representado na Equação [6].

$$\Phi_E = EA, \quad [5]$$

$$A = 4\pi R^2. \quad [6]$$

Substituindo as Equações [4] e [6] na Equação [5], se obtém,

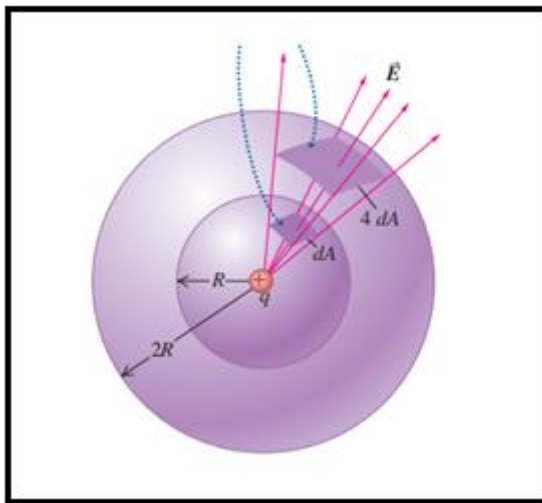
$$\Phi_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2} \cdot (4\pi R^2), \quad [7]$$

Fazendo simplificações na Equação [7], expressa-se o fluxo do campo elétrico resultante que atravessa uma superfície esférica área A , como por exemplo o ilustrado na Figura 2.1, pela Equação [3], a saber:

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}. \quad [8]$$

Dessa forma, percebe-se que o fluxo do campo elétrico independe do raio R da esfera; depende apenas da carga q , que existe no interior da esfera. A Figura 2.1 ilustra esse resultado utilizando as linhas de campo, com duas esferas de raios diferentes e centralizados sobre a carga puntiforme q . Cada uma das linhas do campo elétrico que atravessa a menor esfera, também atravessa a esfera maior, desta maneira é possível notar que o fluxo do campo elétrico Φ_E é o mesmo em ambas as esferas.

Figura 2.1- Ilustração do fluxo do campo elétrico gerada pela carga q atravessando duas esferas concêntricas de diâmetros diferentes.



Fonte: https://wp.ufpel.edu.br/mlsilva/files/2018/11/Aula_4_Lei_de_Gauss.pdf

Da mesma forma que a Lei de Gauss é aplicada para um campo elétrico em uma superfície fechada, também é possível aplicá-la para a determinação de fluxo magnético Φ_B em uma superfície fechada, pois é possível “cortar” a superfície fechada em várias partes de área dA . De forma geral, o fluxo magnético através de uma determinada área é expresso pela Equação [9].

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad [9]$$

em que \vec{B} é o vetor campo magnético e $d\vec{A}$ um elemento de área considerado.

Assim, ao se considerar uma superfície fechada (superfície gaussiana), o fluxo magnético total, Φ_B , através dessa superfície fechada será sempre igual a zero. Isso porque, a quantidade de linhas de campo que sai do polo norte, é igual à quantidade de linhas de campo que entra no polo sul. Portanto, pode-se escrever matematicamente que:

$$\Phi_B = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad [10]$$

A Equação [10] também é conhecida como Lei de Gauss magnética.

2.2.2.2 - LEI DE AMPÈRE e LEI DE AMPÈRE MAXWELL

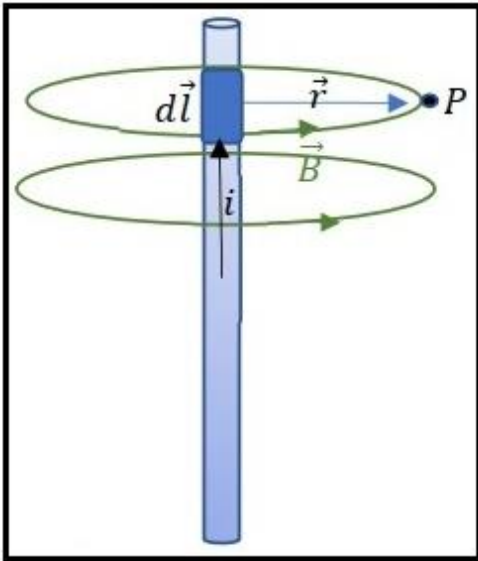
Como já visto na Lei de Gauss para o campo elétrico, subseção 2.2.2.1, o fluxo do campo elétrico \vec{E} que atravessa uma superfície fechada, é igual à carga que há em seu interior, dividida por ϵ_0 . Equação [3]. No que diz respeito ao campo magnético, \vec{B} , a Lei de Gauss magnética estabelece que não há monopolos magnéticos, isto é, o fluxo do campo magnético \vec{B} através de qualquer superfície fechada é igual a zero, Equação [10], mesmo existindo corrente elétrica em seu interior. Desta maneira, a Lei de Gauss não é capaz de calcular o campo magnético produzido por uma distribuição de corrente. No entanto, com a Lei de Ampère, é possível realizar esses cálculos, uma vez que relaciona a corrente elétrica como fonte de campo magnético.

A lei de Ampère não foi desenvolvida em termos de um fluxo magnético Φ_B , Equação [9], mas definida como base em uma integral de linha do campo magnético \vec{B} em torno de uma trajetória fechada que pode ser calculada a partir da Equação [11].

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i. \quad [11]$$

Como exemplo de aplicação da lei de Ampère, vamos determinar o módulo do campo magnético \vec{B} , que é gerado a partir de um longo condutor retilíneo (condutor infinito) com uma corrente i , numa distância r do condutor, Figura 2.2.

Figura 2.2 – Desenho esquemático de uma configuração de um fio condutor retilíneo longo, e o ponto P onde se quer determinar o campo magnético gerado pela corrente i .



Fonte: cedido por H. Mukai, 2023

Por meio Equação [11], obtém-se que,

$$B 2\pi r = \mu_0 i . \quad [12]$$

Portanto a intensidade do campo magnético para a situação apresentada na Figura 2.2, é dada por.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} . \quad [13]$$

Maxwell fez uma expansão da lei Ampère com a introdução de uma corrente de deslocamento i_D . Assim, a Equação [11] tornou-se conhecida como a Equação de Ampère-Maxwell que é expressa matematicamente pela Equação [14].

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 i_D . \quad [14]$$

Nessa Equação [14], i_c é a corrente de condução e i_D é a corrente de deslocamento.

Define-se a corrente elétrica de condução i_c como:

$$i = \iint_S \vec{j} \cdot \hat{n} d\vec{A} , \quad [15]$$

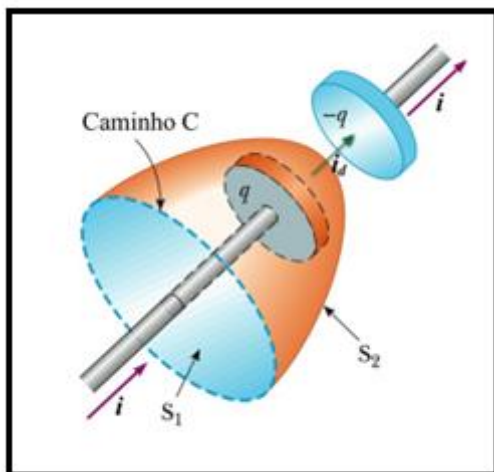
para um condutor de secção transversal A com uma densidade de corrente elétrica \vec{j} homogênea, e $d\vec{A}$ é um elemento de área. Enquanto que a corrente de deslocamento é expressa por:

$$i_D = \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \quad [16]$$

em que o fluxo de campo elétrico, Φ_E , é definido pela Equação [2],

Para explicar a introdução da corrente de deslocamento, considere o capacitor da Figura 2.3, percebe-se que a lei de Ampère é plenamente satisfeita quando ela é aplicada no caminho C que circunda a superfície S_1 . No entanto, ao considerar a superfície S_2 que também está circundada pelo caminho C , não há corrente cruzando S_2 contradizendo, assim, a lei de Ampère expressa pela Equação [14]. A contradição consiste em obter resultados diferentes para a integral aplicada no caminho C quando se toma diferentes superfícies apoiadas sobre o mesmo caminho C . O resultado deveria ser o mesmo. Para resolver essa inconsistência, Maxwell, propôs a corrente de deslocamento expressa pela Equação [16].

Figura 2.3 - Ilustração de que um campo magnético no caminho C não deve depender da superfície escolhida (S_1 ou S_2) em um capacitor com placas paralelas de cargas q e $-q$. Implicando na necessidade da corrente de deslocamento i_d entre as placas.



Fonte: Serway apud http://fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap10.pdf

Considerando vácuo entre as placas do capacitor, entre elas, portanto, só há campo elétrico, \vec{E} . A corrente de deslocamento proposta por Maxwell é devido à variação temporal do fluxo do campo elétrico Φ_E , entre as placas do capacitor, isto é,

$$\frac{d\Phi_E}{dt}.$$

Assim, com a inclusão da corrente de deslocamento, Maxwell resolveu a inconsistência que havia na lei de Ampère quando ela era aplicada às placas de um capacitor. Com isso, a Equação [11] passou a ser escrita como:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_C + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) \quad [17]$$

Utilizando a definição de fluxo de campo elétrico expressa pela Equação [2] e a definição de corrente de condução expressa pela Equação [15], chega-se na lei de Ampère-Maxwell na forma integral expressa pela Equação [14].

2.2.2.3 - LEI DE FARADAY - LENZ

Na Lei de Ampère, viu-se que na presença de uma corrente elétrica, é gerado um campo magnético em torno da corrente (Figura 2.2). Faraday realizou alguns experimentos buscando uma relação contrária, isto é, obter uma corrente a partir de um campo magnético. Assim, em 1831, percebeu que na presença de um fluxo magnético variável no tempo é possível produzir uma força eletromotriz num condutor e, conseqüentemente, uma corrente elétrica.

Para falar sobre a Lei de Faraday, é necessário falar sobre fluxo magnético, que é representado por Φ_B . Onde um elemento com uma área infinitesimal denotada por $d\vec{A}$ em um campo magnético \vec{B} , seu fluxo magnético $d\Phi_B$ pode ser calculado por meio da Equação [18].

$$d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A} = B_{\perp} dA = B dA \cos \phi \quad [18]$$

Na Equação [18], o termo B_{\perp} é um componente de \vec{B} perpendicular à superfície do elemento de área dA e θ é o ângulo entre os vetores \vec{B} e $d\vec{A}$. Agora, para que seja calculado em uma área finita, é necessário aplicar uma integral sobre toda a área. Desta maneira utilizando a definição de produto escalar em que o ângulo entre os dois vetores é dado por ϕ , é obtida a Equação [19].

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA \cos \phi \quad [19]$$

Para \vec{B} uniforme em uma área plana \vec{A} , a Equação [19] torna-se:

$$\Phi_B = BA \cos \phi \quad [20]$$

Como dito anteriormente, Faraday percebeu que a variação temporal do fluxo magnético gerava uma força eletromotriz, ε . Assim, a lei de Faraday é, matematicamente, escrita como:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad [21]$$

O sinal negativo na Equação [21] deve-se à Lei de Lenz que informa que o fluxo magnético produzido pela corrente induzida será oposto ao fluxo magnético que a induziu, portanto permite saber o sentido da corrente elétrica induzida.

A força eletromotriz é escrita, de acordo, com as notas de aula de (FERNANDES, 2022).

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad [22]$$

E, ainda de acordo com as respectivas notas de aula, usando a definição de fluxo magnético Equação [19], a lei de Faraday (Equação [21]) na forma integral fica:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dA \quad [23]$$

O sinal negativo na Equação [21] e, consequentemente, na Equação [23] deve-se à lei de Lenz (HALLIDAY, 1976).

As Leis citadas são leis obtidas de forma experimental (empíricas), assim como a lei de Coulomb¹. Mas, 1864, James Clerk Maxwell, havia unificado teoricamente os fenômenos elétricos e magnéticos, o que atualmente é conhecida como as leis do eletromagnetismo em 4 equações, as denominadas Equações de Maxwell, quando mais são que as leis citadas até o momento e estão resumidas no Quadro 2.1, e também por meio delas previu a existência das ondas eletromagnéticas.

Duas das equações de Maxwell envolvem integrais sobre uma superfície fechada de \vec{E} e \vec{B} , e as outras duas envolvem integrais de linha sobre um percurso fechado de \vec{E} e \vec{B} . Em que \vec{E} representa o campo elétrico e \vec{B} representa do campo magnético.

Quadro 2.1 – Equações de Maxwell e a lei a ela associada.

$\epsilon_0 \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$	Lei de Gauss
$\int \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	Lei de Gauss para o magnetismo - Inexistência de Monopolos
$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)$	Lei de Ampère- Maxwell ou Lei da indução eletromagnética
$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$	Lei de Faraday-Lenz

Fonte: adaptado da referência Maldonado, 2020.

¹ Lei de Coulomb, lei formulada com o auxílio da balança de torção de Cavendish, e publicada em 1783 por Charles Augustin de Coulomb, e estabelece a força entre duas cargas elétricas: $\vec{F}_{2(1)} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r^2} \hat{r}_{12} = - \vec{F}_{1(2)}$. Nussensveig, 2006.

Compreender as equações de Maxwell é fator importante ao se trabalhar com circuitos, motores elétricos, transformadores, entre outros. A Lei de Faraday-Lenz por exemplo representa o fenômeno de um campo magnético variando no tempo provocando uma queda de tensão em torno de um circuito. Na próxima seção apresenta-se uma Lei tão importante quanto as apresentadas no Quadro 2.1 que são as Leis postuladas em 1827 por Georg Simon Ohm.

2.2.3 - LEIS DE OHM

Descoberto por Ohm, observa-se um importante princípio entre as relações de corrente i , tensão U e a resistência R , e por meio desta relação descobriu que a resistência é dependente dos parâmetros dos fios condutores, pois os condutores metálicos comportam-se como resistores quando se mantém, ao longo do tempo, uma diferença de potencial entre seus extremos, os portadores de carga adquirem movimento orientado estabelecendo-se uma corrente elétrica (i).

Embora não possamos observar diretamente a corrente elétrica, temos uma ideia clara da natureza da corrente. Está é a taxa de carga dq que passa por uma seção transversal de área A de um determinado material que possua condutividade

elétrica em um determinado intervalo de tempo dt .

$$i = \frac{dq}{dt} \quad [24]$$

ou a corrente média

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad [25]$$

Em que no SI de unidades a corrente é apresentada em Ampère (A), carga em Coulomb (C) e tempo em segundos (s). A corrente é uma grandeza escalar, embora indicada por uma seta o sentido da qual percorre em um circuito como apresentados na Figura (2.2) e (2.3), que possui carácter vetorial é a densidade de corrente \vec{j} , que foi apresentada no contexto da Equação [15].

Existem várias maneiras úteis de definir a tensão, incluindo a definição padrão mencionada anteriormente. Existem também outras definições úteis de trabalho por carga.

A tensão é definida de modo que objetos carregados negativamente são puxados para voltagens mais altas, enquanto objetos carregados positivamente são puxados para voltagens mais baixas. Portanto, a corrente convencional em um fio ou resistor sempre flui da tensão mais alta para a tensão mais baixa.

A lei de Ohm estabelece que, caso a temperatura seja constante, a intensidade de corrente que atravessa o material está diretamente relacionada à proporção à tensão elétrica. Matematicamente expresso como,

$$U \propto i$$

E que a constante de proporcionalidade é dada pelo elemento que permite ou não a passagem de corrente elétrica, denominado de resistência, declarando assim a primeira Lei de Ohm como:

$$U = R \cdot i \quad [26]$$

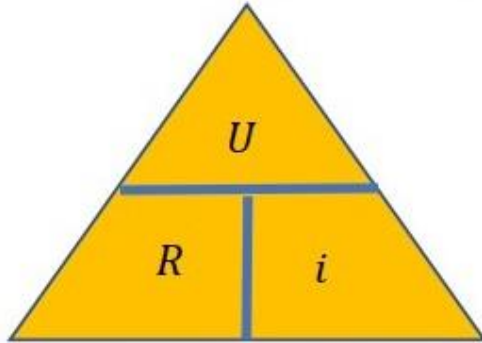
E por meio da Equação [26] é possível escrever,

$$R = \frac{U}{i} \quad \text{ou} \quad i = \frac{U}{R} \quad [27]$$

Sendo que, no Sistema internacional (SI) U é dado em Volts, R é dado em

Ohms (Ω) e a corrente, i , em Ampères (A). Surgindo assim, uma representação, Figura 2.4 muito utilizada no ensino médio para auxiliar a lembrar da equação que representa a primeira lei de Ohm nas formas das equações [26] e [27].

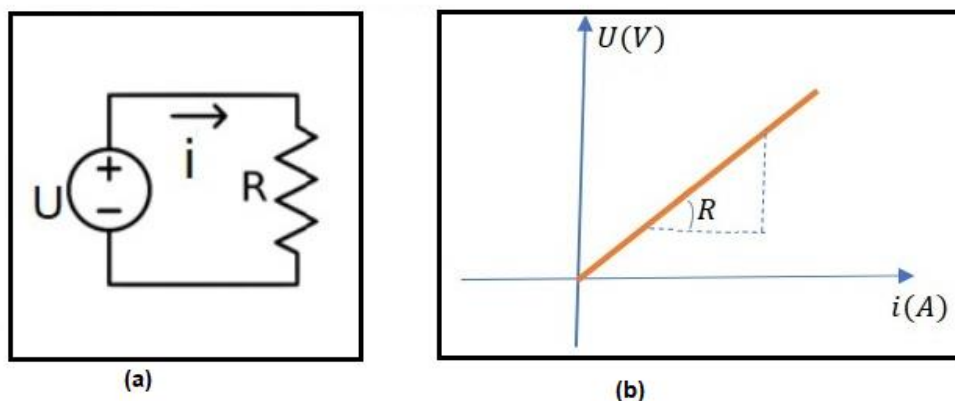
Figura 2.4 – Ilustração pictórica para lembrar as grandezas físicas envolvidas na Lei de Ohm.



Fonte: Helerbrock, S.D. Rafael. "Lei de Ohm". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-lei-ohm.htm>. Acesso em 03 de fevereiro de 2023.

De acordo com (HALLIDAY, p. 340 e 341, 2016) a Equação [25] não é simplesmente uma equação matemática da Lei de Ohm, pois na verdade é usada para definir conceito de resistência elétrica, aplicando-se a todos os componentes que conduzem corrente elétrica. Assim, para o circuito elétrico apresentado na Figura 2.5 (a), em que contém somente a fonte de tensão que fornecerá a ddp, a indicação do sentido da corrente, e um resistor (R), sendo esse um resistor ôhmico, que é aquele cuja resistência permanece constante, em um gráfico $U \times i$ a resistência R é dada pelo coeficiente angular desse gráfico (Figura 2.5).

Figura 2.5 - (a) Diagrama de um circuito elétrico, e (b) comportamento de um gráfico da tensão U (V) versus corrente i . em A – Primeira Lei de Ohm.

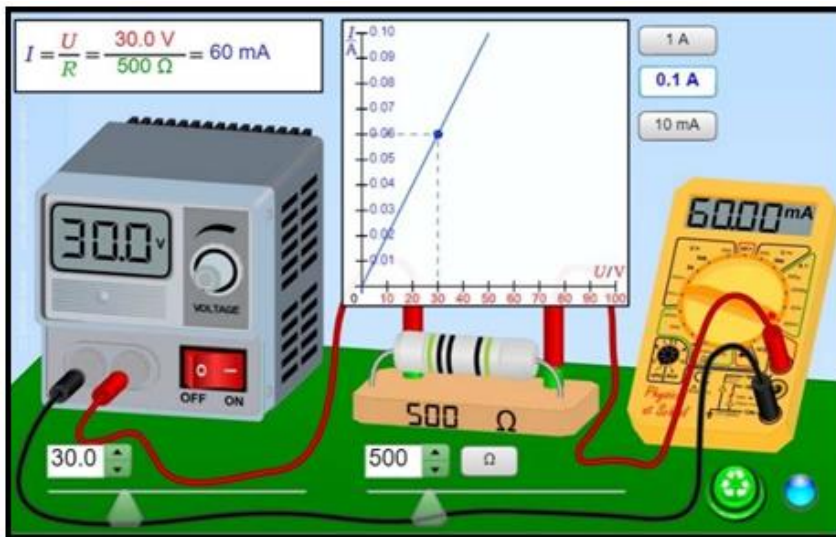


Fonte: (a) Wikipedia, e (b) o autor.

Em um circuito a resistência se mantém fixa, e a corrente é dependente da tensão, portanto em circuitos elétricos é comum vermos gráficos da corrente em função da tensão como por exemplo o apresentado na Figura 2.6. Esta figura é cópia de tela do simulador de uso livre disponibilizado por Vladimir Vazcak, possui versão em português denominado “Física na Escola” e pode ser utilizado tanto em computador quanto em *smartphones*. Na imagem está apresentando à esquerda a fonte de tensão que alimentará o circuito, no meio o resistor ôhmico, e a direita um equipamento denominado de multímetro aferindo a corrente. No alto aparece o comportamento gráfico do resultado. No canto superior esquerdo o cálculo da corrente, ao lado do gráfico no lado direito ainda pode-se escolher a unidade em Ampère (a), em miliAmpère (mA) ou ainda em 10mA.

Para variar a tensão basta mover a barra inferior a fonte de tensão para a direita, para variar o valor da resistência do resistor mover a barra inferior para a direita ou esquerda, repare que o mesmo adequa as barras de cores do resistor conforme o valor selecionado. Sobre a barra será apresentado mais adiante.

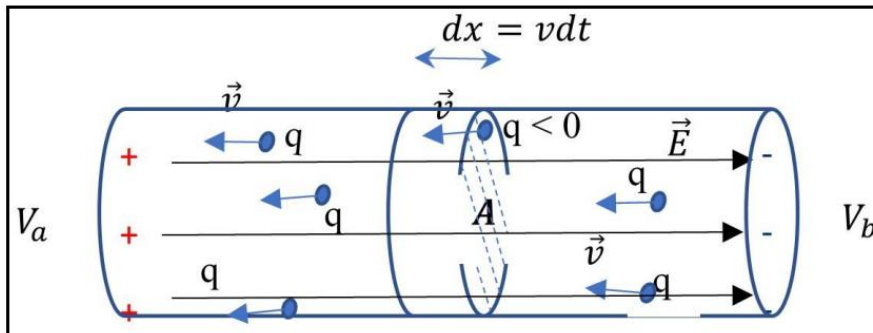
Figura 2.6 – Cópia de tela do simulador Física na escola sobre a “Lei de Ohm” apresentando o comportamento gráfico conforme se varia a tensão a corrente no circuito varia.



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_ohm&l=pt

De acordo com NUSSENZVEIG (1997), a intensidade (i) da corrente através de uma secção transversal de área A de um fio condutor é definida como uma quantidade de carga que atravessa essa secção por unidade de tempo, quando se tem um fio condutor submetidos a potenciais elétricos diferentes. U_b e U_a , como ilustrado na Figura 2.7.

Figura 2.7 - Imagem (cópia de tela) fluxos de portadores de cargas em um fio condutor quando submetidos a uma diferença de potencial (U_b e U_a).



Fonte: Fernandes, 2022

A corrente elétrica será expressa com base na velocidade \vec{v} de arraste dos portadores de carga q , os quais podem ser de vários tipos, conforme a natureza do meio que passa a corrente, dos metais são os elétrons, em uma lâmpada fluorescente são tanto os elétrons quanto íons positivos dos gás, em uma solução eletrolítica são os íons positivos e negativos.

Nos fios condutores, por meio das Equações [25] a medida seja da corrente ou existência somente é possível devido ao fenômeno de indução eletromagnética ou Lei de Ampère-Maxwell, pois estabelece também uma relação entre corrente voltaica que percorre um circuito e a força eletromotriz. Nela, a corrente voltaica que percorre um circuito distinto será diretamente proporcional à força eletromotriz aplicada. (TEORIA, 2015).

De acordo com os resultados do trabalho do físico e matemático alemão Georg Simom Ohm “O circuito galvânico investigado matematicamente” descobriu-se que a corrente que atravessa um fio condutor tem uma relação direta tanto com a tensão U , aplicada nas extremidades do fio, em Volts (SI) quanto à área, A , da seção transversal do fio, em m^2 , e inversamente proporcional ao comprimento, l , do fio em metros (m). Assim, a corrente elétrica pode ser expressa em Ampères por:

$$i = \frac{1}{\rho} \frac{UA}{l} \quad [28]$$

Sendo ρ a resistividade elétrica do material do qual o fio é constituído. (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Dados da resistividade de alguns materiais de acordo com a classificação Condutores (metais), Semicondutores, e Isolantes (Dielétricos). Em que ρ é a resistividade do material e α o coeficiente de resistividade.

	Material	ρ a 20°C em $\Omega - m$	α (a 20°C)
Metais	Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Ferro	10×10^{-8}	$\sim 5 \text{ a } 6 \times 10^{-3}$
	Chumbo	22×10^{-8}	$\sim 4 \times 10^{-3}$
Semicondutores	Silício puro	$\sim 3 \times 10^3$	$\sim -7 \times 10^{-2}$
	Germânio	~ 10	$\sim -5 \times 10^{-2}$
Isolantes	Vidro	$\sim 10^{10} \text{ a } 10^{14}$	
	Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	
	Papel	$\sim 10^{12} \text{ a } 10^{16}$	
	Borracha dura	$\sim 10^{16}$	

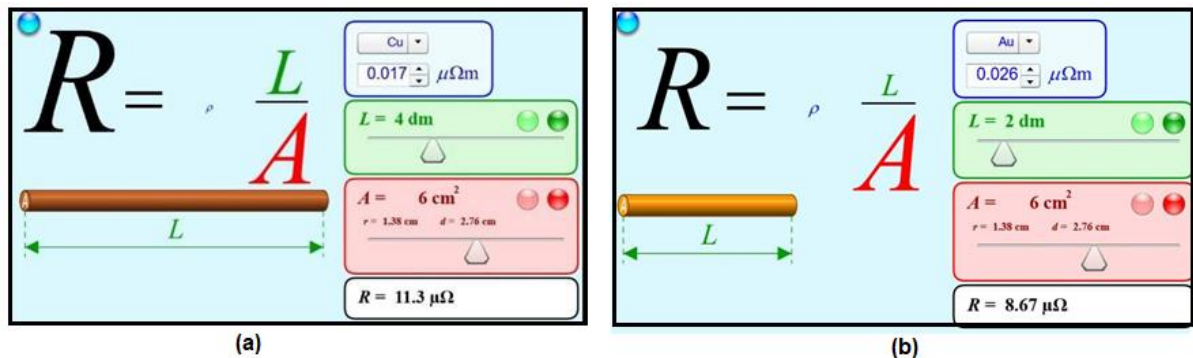
Fonte: Nussenevig, 2006.

Utilizando a primeira lei de Ohm, Equação [26], obtém-se que a resistência elétrica em Ohm (Ω), de um fio de comprimento l e seção transversal da área A , pode ser obtida da relação:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad [29]$$

A Equação [27] é conhecida como a **segunda lei de Ohm**. No simulador de uso livre, disponibilizado por Vladimir Vascak, permite fazer uma análise das grandezas envolvidas na Equação [29] para diferentes materiais da qual o fio é feito (Figura 2.8). A resistividade depende da temperatura.

Figura 2.8 – Cópia de tela apresentando a equação [27] para dois materiais de condutividade elétrica diferentes: (a) Cobre (Cu) e (b) Ouro (Au). Os valores da resistividade apresentados são para a $T = 20^\circ\text{C}$.



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_odpor&l=pt

A condutividade é o inverso da resistividade. Portanto quanto mais resistivo for o material que compõem o fio menos condutor esse será. No caso do exemplo da Figura 2.8, observa-se que o ouro (Au) tem uma resistividade maior que a do cobre (Cu) de forma que o ouro é menos condutor do que o cobre. O que justifica o uso do fio de cobre nas fiações internas. Em um tempo não muito distante as fiações tanto externas quanto internas eram todas de fios de cobre, mas com a incidência de furtos devido ao alto valor comercial, externamente foram substituídos por fio de alumínio (Al) que a 20°C é de $\mu\Omega m$. Para escolher o material além dos parâmetros da Equação [28] deve se levar em consideração também a dissipação de energia térmica, o fio de alumínio dissipa mais energia térmica que a do cobre, o suficiente para que não seja seguro o seu uso em ambientes internos. Quando é necessário um material que não sofra oxidação utiliza-se o Ouro.

2.2.4 - Circuitos elétricos

Conforme citado por Purcell,

Um circuito elétrico é a combinação de elementos individuais elétricos ou eletromecânicos (bateria, interruptor, *display*, motor, ...) em um arranjo funcional. O circuito pode ser utilizado por uma corrente elétrica por meio de seus componentes; isso requer pelo menos uma fonte de energia elétrica contida em circuito fechado. (PURCELL, 1965).

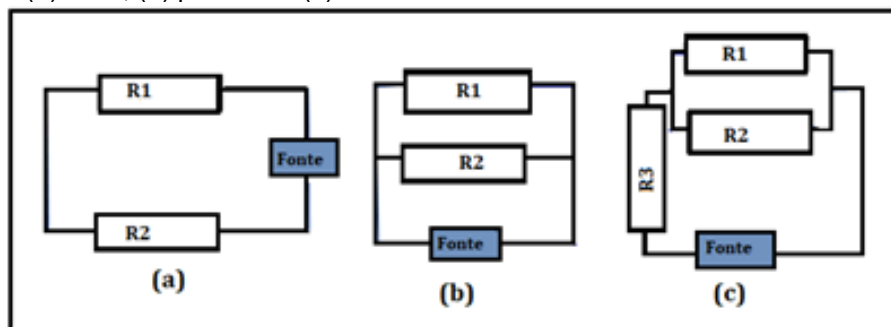
De acordo com seus componentes básicos, pode-se realizar diversas funções: eliminar picos de corrente elétrica, que são prejudiciais para alguns aparelhos mais

sensíveis; aumentar ou abaixar a tensão elétrica de entrada; transformar uma corrente alternada em uma corrente contínua; aquecer algo, entre outras.

Os circuitos elétricos podem estar ligados em série, paralelo ou misto. Segundo o autor (BOYLESTAD,2012). Lembrando que um dos conceitos mais importantes sobre circuitos em série que a corrente será a mesma em todos os pontos do circuito. Os circuitos são classificados em 3 tipos de acordo com PURCELL (1965):

- **Circuito em série:** um circuito no qual todos os componentes são conectados em série com uma fonte de (Figura 2.9 (a)). Em um circuito em série, a corrente é a mesma em todos os pontos do circuito e a tensão é dividida proporcionalmente.
- **Circuito em Paralelo:** todos os elementos neste circuito se encontram em paralelo com a fonte de energia (Figura 2.9 (b)). O circuito paralelo apresenta vários caminhos para a corrente, em um circuito em paralelo a tensão é a mesma em todos os pontos do circuito, porém a corrente varia de acordo com a resistência.
- **Circuito misto:** os elementos podem estar ligados em série ou em paralelo com a fonte de tensão (Figura 2.9 (c)).

Figura 2.9 - Desenhos esquemáticos de circuitos com componentes elétricos, no caso resistores, ligados em (a) série, (b) paralelo e (c) mistos com a fonte.



Fonte: arquivos do autor.

Na associação de resistores, quando eles estão em série o valor de suas resistências se somam, como no caso da Figura 2.9 (a), $R_{eq} = R_1 + R_2$, logo associando resistores em série, obtém-se uma resistência equivalente maior. Por outro lado, associando as mesmas resistências em paralelo, obtém-se uma resistência equivalente menor, como no caso da Figura 2.9 (b), em que, $R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2$.

Exemplificando a figura 2.6 com a lei de Kirchoff temos:

Para o exemplo (a), os resistores estão ligados em série, logo:

$$P_{fonte} = iU = i^2 \cdot R \quad [30]$$

$$P_{fonte} = i^2 \cdot (R_1 + R_2) \quad [31]$$

Para o exemplo (b), os resistores estão ligados em paralelo. Neste caso, faz-se necessário o cálculo para encontrar o R_{eq} . O resultado final para o cálculo seria:

$$P_{fonte} = i^2 \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad [32]$$

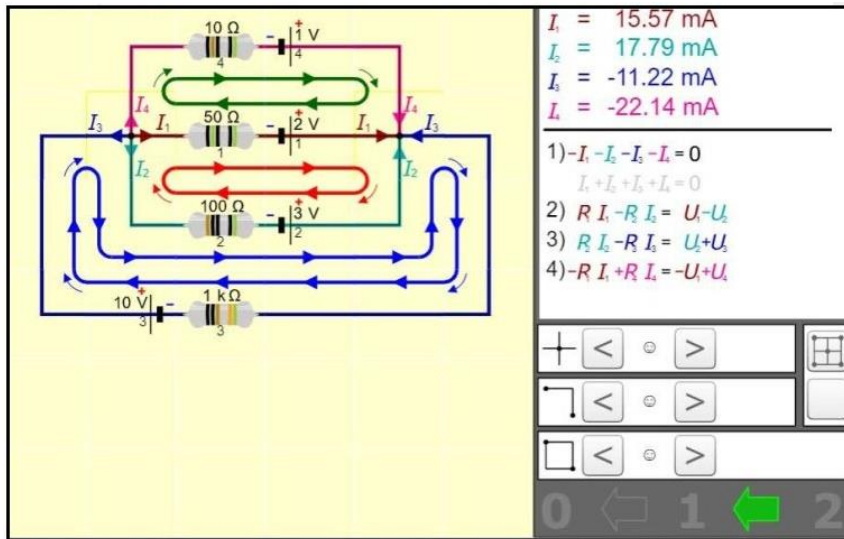
De forma similar para o sistema (c), deve-se resolver como:

$$P_{fonte} = i^2 \cdot \left[\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + R_3 \right]. \quad [33]$$

Além do apresentado, ao analisar circuitos é importante saber sobre duas Leis, a dos nós (pontos onde as correntes se dividem ou se unem) e das malhas (caminhos fechados dentro do circuito), essas leis foram propostas em 1845 pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff, e trata-se de um conjunto de regras normalmente utilizadas para obter a intensidade de corrente elétrica quando os circuitos não podem ser reduzidos a circuitos simples. Segundo (NUSSENZVEIG, 1997) primeira Lei de Kirchhoff diz respeito à forma em que a corrente pode ser distribuída através dos circuitos paralelos. É por meio desta lei, e a da Lei de Ohm que podemos determinar a corrente em cada um dos componentes de um circuito qualquer.

Um exemplo pode ser visto no circuito com resistores apresentados no simulador de Física na escola, disponibilizado por Vladimir Vascak, conforme se pode observar na Figura 2.10. Em verde, vermelho e azul no interior do circuito se refere o sentido da leitura para sua respectiva malha, e na linha onde está o resistor de 50Ω , há dois pontos de nós de onde (à esquerda do resistor) partem 4 correntes elétricas cada, e à direita do resistor entram no nó as 4 correntes elétricas, na figura indicadas pelas letras I_1 , I_2 , I_3 e I_4 . Neste texto tem sido utilizado a letra i .

Figura 2.10 – Uso da Leis de Kirchhoff : lei das malhas e lei dos nós para obter a intensidade de corrente no circuito.



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_kirchhoff&l=pt

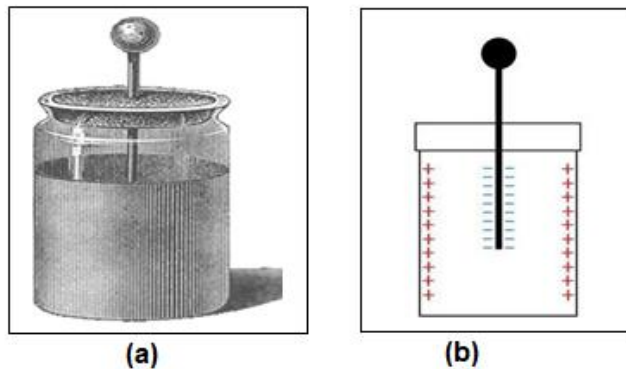
Ao clicar nas setas, no primeiro bloco mostra onde estão os nós, no segundo como fica o sentido das correntes em cada nó, e por último as malhas em cada caminho, e por último 3 níveis: 1 somente o circuito, 1 o circuito com os nós e o sentido da leitura em cada malha e 2 com as informações da corrente em cada nó e cada malha (quadro superior a direita).

Nos circuitos elétricos também podem conter um capacitor. Os capacitores surgiram em 1746 com a “garrafa de Leiden”. Por mérito do Físico e Professor Pieter van Musschenbroek quando estava tentando introduzir carga elétrica na água de um recipiente. Esse estava conectado a um cano metálico carregado por atrito e por meio de um fio de cobre estava mergulhado na água. Para realizasse processo teve o auxílio de um aluno que encostou no cano e levou um “choque”, e descobriram que havia energia elétrica armazenada no cano e foi descarregada pelo aluno. NUSSENVEIG, vol 3, 2006.

Em 1745, de forma independente o alemão Ewald Georg von Kleist havia desenvolvido um dispositivo similar, em que acredita-se que este era composto por uma garrafa de vidro com água no seu interior, conforme ilustrada na Figura

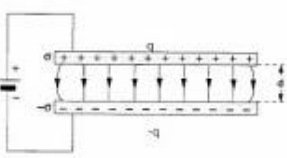
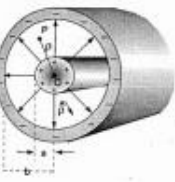
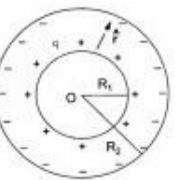
2.11 (a), na parte superior da tampa de cortiça uma haste de metal imersa na água, a parte superior é análoga a de um eletroscópio. Ao carregar por fricção ou indução, a carga elétrica fica acumulada nas paredes da garrafa, com polaridades opostas Figura 2.11 (b), e ao tocar com as mãos recebe a descarga do mesmo. Quem divulgou e estudou as propriedades deste dispositivo foi Musschenbroek. WIKIPEDIA, 2022.

Figura 2.11 - Imagem fotográfica da Garrafa de Leiden. Em (a) o descrito por Kleist e (b) a distribuição de cargas.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Garrafa_de_Leiden.

Quadro 2.2- Imagem fotográfica (cópia de tela) apresentados 3 formatos de capacitores e as respectivas equações e da sua capacitância. NUSSENVEIG, vol3, 2006.

Capacitor	Campo elétrico e ddp	Capacitância (F)
 Placas Paralelas	$E = \sigma \varepsilon_0$ <p>Sendo: $\sigma = \frac{q}{A}$</p> $U = Ed$	$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$ $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
 Cilíndrico de comprimento l	$E = B \frac{1}{\rho} \hat{\rho}$ $E(a) = \frac{\sigma_+}{\varepsilon_0} = \frac{B}{a} = \frac{q}{2\pi a l \varepsilon_0}$ $E(b) = \frac{\sigma_-}{\varepsilon_0} = \frac{B}{b} = \frac{-q}{2\pi a l \varepsilon_0}$ $U = E(\rho) d\rho = \rho B \ln \frac{b}{a}$ <p>Com $B = \frac{q}{2\pi l \varepsilon_0}$</p>	$C = \frac{q}{U} = \frac{2\pi \varepsilon_0 l}{\ln \left(\frac{a}{b} \right)}$
 Capacitor esférico	$E = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 r^2}$ $U = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$	$C = \frac{q}{U} = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

Fonte: NUSSENVEIG, vol 3, 2006.

A energia armazenada em um capacitor é dada por:

$$E_{armazenada} = \frac{1}{2} CU^2. \quad [34]$$

Outro elemento são os indutores, que possuem uma indutância, representada pela letra L. Conforme citado por Nusseneig.

É um elemento idealizado dentro do qual o campo magnético se supõe inteiramente confinado, como num solenóide infinito, e de resistência desprezível (logo, ao longo do solenóide, podemos tomar $\vec{E} = 0$, como num condutor perfeito. (NUSSENVEIG, 2006, p.190).

Em um indutor a energia armazenada é dada por:

$$E_{armazenada} = \frac{1}{2} Li^2 \quad [35]$$

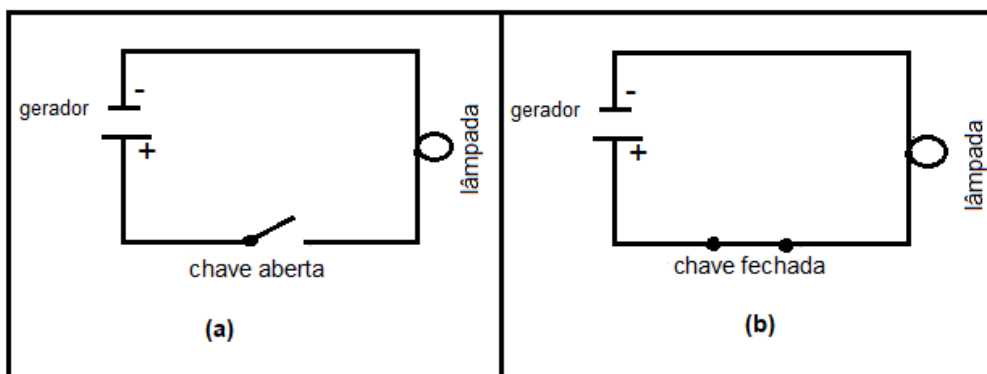
Além dos resistores, capacitores e indutores, tão importante quanto são os geradores. Sendo esse um elemento ativo pois é o que fornece energia ao circuito. No caso de uma bateria (DC) corrente contínua e no caso da rede elétrica é do tipo alternada (AC). . A corrente transita no sentido inverso a queda de potencial:

$$U_1 - U_2 = -\mathcal{E}. \quad [36]$$

2.2.5 – MEDIDAS ELÉTRICAS

Como visto na sessão 2.2.4, um circuito elétrico é um circuito fechado. Ele começa e termina no mesmo ponto e é formado por vários elementos conectados um ao outro por meio de fios ou de uma matriz com linhas condutoras na placa onde estará fixada os elementos do circuito, e, assim, tornam possível a passagem da corrente elétrica. A Figura 2.12 representa o esquema de um circuito elétrico, (a) aberto e em (b) fechado.

Figura 2.12 - Desenho esquemático de circuito elétrico: (a) aberto e (b) fechado.



Fonte: arquivo do autor.

No caso dos circuitos apresentados na Figura 2.12, podemos observar que o circuito está fechado quando a lâmpada está acesa e aberto quando está apagada, desde que a lâmpada não esteja danificada.

Utilizar lâmpadas ou leds para experimentos em sala de aula, é uma forma dos alunos observarem se houve ou não passagem de corrente elétrica, e associar com os circuitos em suas residências. A seguir apresentam-se os componentes mais comuns em circuitos elétricos.

2.2.5.1 - Elementos de um Circuito Elétrico

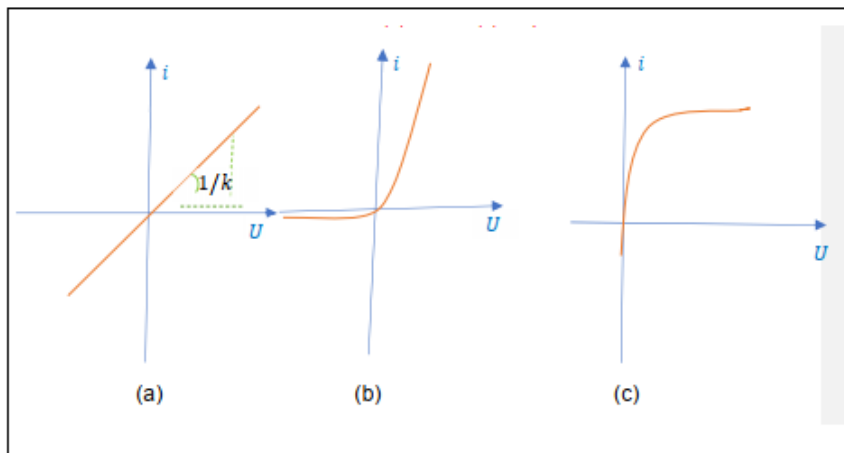
A teoria dos elementos foi apresentada na seção 2.2.4, nesta sessão apresenta-se como são para seu uso em circuitos. Os circuitos elétricos são formados por vários componentes, dentre eles temos:

1) Resistores

Os resistores, ou resistências, são componentes do circuito elétrico que têm duas funções. Uma delas é converter a energia elétrica em energia térmica, a outra é limitar a passagem da corrente elétrica através do controle da tensão.

Os resistores podem ser ôhmicos como os com códigos de barra (Figura 2.14) e o comportamento do gráfico foi o apresentado na Figura 2.11 (a) para $U \times i$, ou o da Figura 2.13, $i \times U$, em ambos os casos a resistência se mantém constante, mas há também o resistor não ôhmico que são as lâmpadas, diodo, Leds (Diodo emissor de luz) entre outros. Nesse último o comportamento do gráfico não fornece uma reta crescente constante, como está apresentado na Figura 2.13 (a) mas uma curva como (b) para o caso do diodo e (c) lâmpada incandescente.

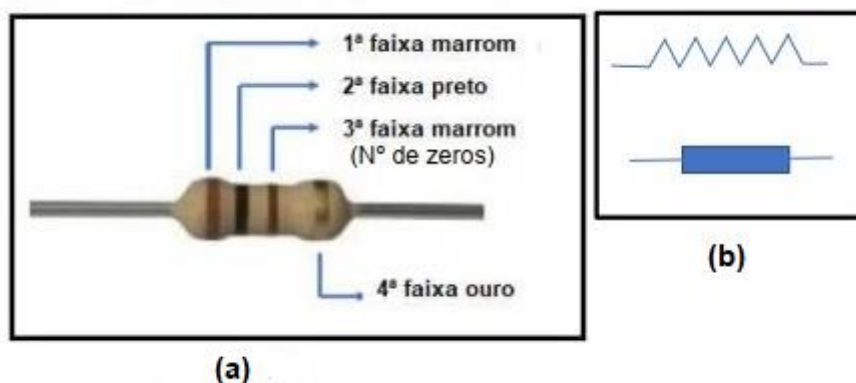
Figura 2.13 — Esboço do comportamento de gráficos da corrente versus tensão para (a) resistores ôhmicos, resistores não ôhmicos (b) diodo e (c) lâmpada incandescente.



Fonte: (a) e (b) Adaptado de Young & Freedman (Figura 25.10, p.144), (c) Matos, 2022.

Para saber como de ve ser feita a escolha do resistor ôhmico do tipo cerâmica com código de barras, deve ser realizada uma análise dos resistores. A primeira análise a ser feita no resistor é identificar quantas faixas existem, e deve-se lê-la com as faixas viradas para a esquerda, conforme indicado na Figura 2.14 (a), em (b) está a forma como pode ser representado em um desenho esquemático de um circuito.

Figura 2.14 – Imagem de um resistor (ôhmico) de cerâmica com código de barras (b) formas de representação de um resistor em um circuito.



Fonte: arquivos do autor

Após a identificação das faixas e suas respectivas cores, deve-se usar a Tabela 2.1 para identificar qual o valor nominal do resistor.

Tabela 2.2 – Classificação dos valores de acordo com a cor da faixa contida no resistor, no caso 4 faixas.

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	Nº de zeros/multiplicador	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	9	9	9	
Dourado			x0,1	± 5%
Prata			x0,01	± 10%

Fonte: <https://www.manualdaeletronica.com.br/resistor-o-que-e-para-que-serve/>

Para o exemplo, do resistor da Figura 2.14, o valor nominal será:
(marrom 1; preto 0) (marrom 1 zero) ± Dourado (5%) de tolerância

$$\text{Valor}_{\text{nominal}} = (100 \pm 5\%) \Omega$$

No sítio disponível de forma gratuita, pode-se inserir as cores e o mesmo informa o valor da resistência do resistor com barras de cores.

<https://br.com/technical-resources/conversion-calculators/resistor-color-code-calculator>.

A Tabela 2.1 é para um resistor do tipo apresentado na Figura 2.9, com faixas, e isso não é igual para todos os resistores, MATTEDE, SD.

Para fins do dia a dia é importante saber medir seu valor utilizando um instrumento de medida. Tanto para confirmar o resultado de medidas de resistores em série e em paralelo, ou saber se o resistor está danificado.

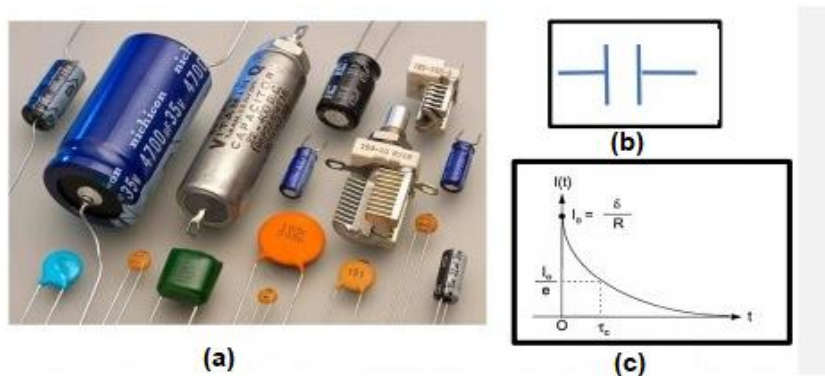
2) Capacitores

Os capacitores foram apresentados com a teoria resumida no Quadro 2.2, e o físico apresentado em diversos tipos na Figura 2.15 (a). Em (b) apresenta-se o símbolo utilizado para capacitores em um diagrama de circuito elétrico. Os capacitores são componentes que se opõem a passagem de corrente elétrica armazenando a energia elétrica. Pode-se observar este fato em leds em televisão por exemplo que indica estar

ligado ou desligado, que mesmo após desligar um equipamento esse continua aceso. O que ocorre é que está usando a energia que foi armazenada no capacitor.

O processo de descarga de um capacitor é uma função exponencial, $i(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/\tau_c}$, como apresentado na Figura 2.15 (c). Quando $t = 0$ tem-se corrente inicial $i_0 = \frac{\varepsilon}{R}$, e quando $t = \tau_c = R/C$, tem-se $i(t) = i_0/e$.

Figura 2.15 - Imagens de diversos tipos de capacitores. (b) Desenho esquemático de um capacitor. (c) gráfico ilustrando o comportamento do processo de descarga de um capacitor.

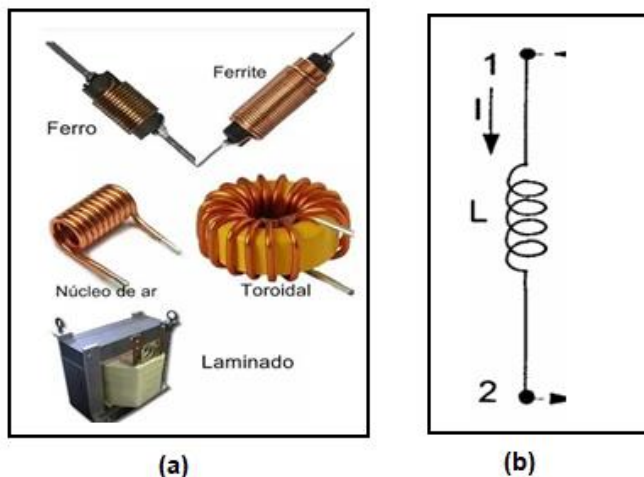


Fonte: <https://adrenaline.com.br/artigos/v/78336/o-que-e-um-capacitor-e-para-que-ele-serve>.

3) Indutores

Conforme citado anteriormente os indutores, representados na Figura 2.16, são os dispositivos que armazenam a energia elétrica. A representação em de um indutor em um esquema de circuito é o apresentado na Figura 2.16 (b).

Figura 2.16 - (a) Imagem fotográfica de diferentes tipos de indutores. (b) representação em circuitos.

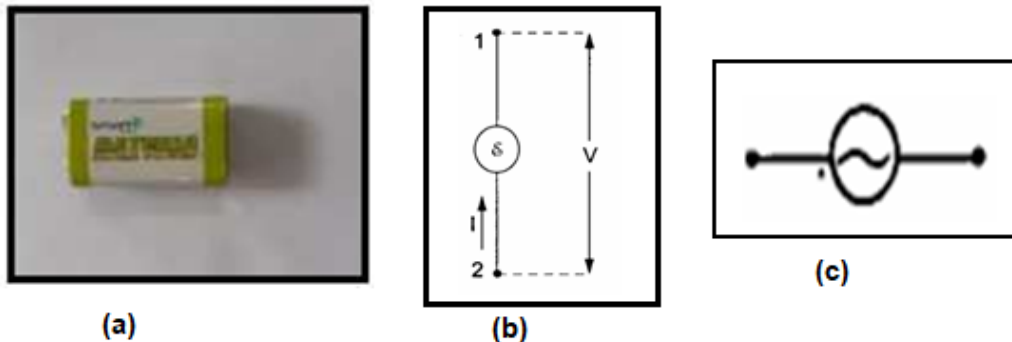


Fonte: (a) <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-indutor/>. (b) Nussenevig, 2006.

4) Geradores

Os geradores, como a bateria apresentada na Figura 2.17 (a), são dispositivos. Conforme dito anteriormente fornecem energia ao circuito. Em (b) a forma como é representada.

Figura 2.17 - (a) Imagem fotográfica de um gerador (bateria). (b) representação de gerador tipo bateria (DC) e (c) alternada (AC).

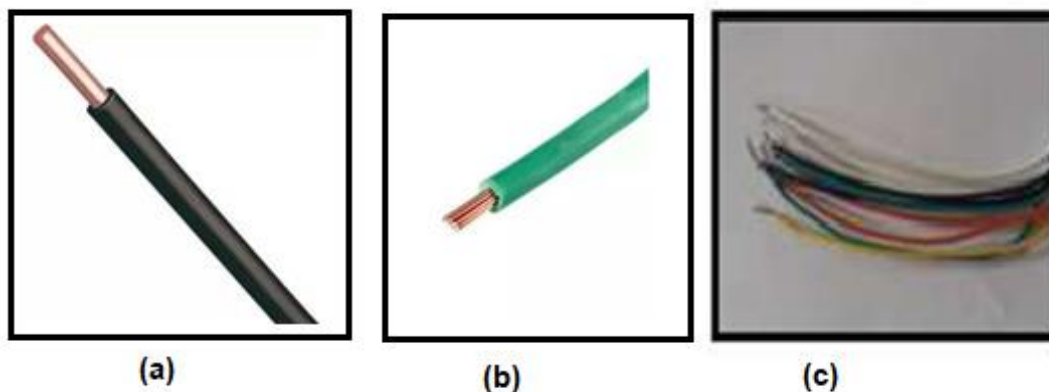


Fonte: (a) arquivo do autor. (b) e (c) Nusseneig, 2006.

5) Fios e cabos condutores

Os fios condutores, são os que apresentam somente um fio como o apresentado na Figura 2.18 (a), e os cabos possuem mais de um fio no seu interior Figura 2.18 (b) e (c). Ambos são os elementos que permitem que as cargas circulem facilmente num circuito elétrico e usados em medidas elétricas. Os fios normalmente são de cobre ou alumínio dependendo de seu uso, e apresentam baixa resistividade elétrica e alta condutividade como foi apresentado na sessão 2.2.3.

Figura 2.18 – Imagem fotográfica (a) de um fio, (b) de um cabo e (c) de um conjunto de cabos.

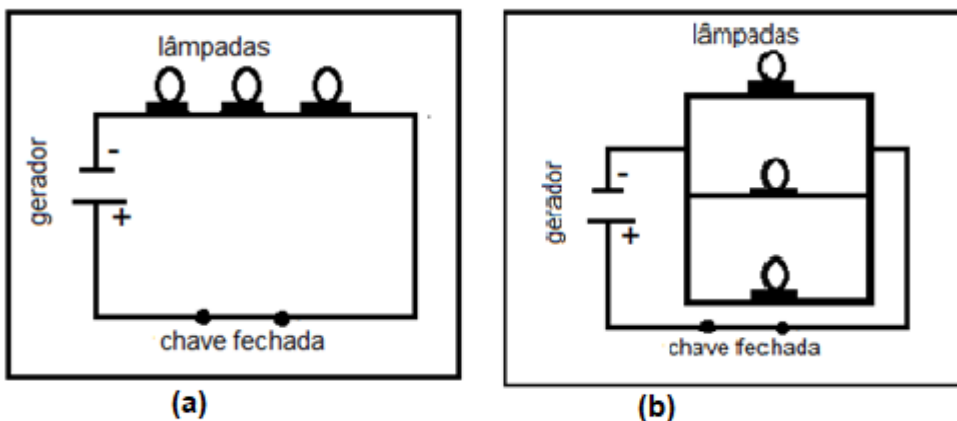


Fonte: (a) e (b) <https://www.mundodaeletrica.com.br/diferencas-entre-fios-e-cabos/> e (c) arquivo do autor.

Como citado na sessão 2.2.4, o Circuito Elétrico Simples (Figura 2.12) é aquele que percorre apenas um caminho. Em Circuito Elétrico em série (Figura 2.19 (a)) é aquele em que existe uma associação. A partir dessa associação, os componentes ligam-se entre si na mesma sequência e na mesma direção. Como exemplo, podemos citar as lâmpadas usadas na decoração das árvores de Natal. O circuito feito por elas é em série e o fato de uma lâmpada ser danificada prejudica as restantes.

Circuito Elétrico em paralelo é aquele em que existe uma associação onde a corrente elétrica se divide ao longo do circuito ((Figura 2.19 (b)). Isso acontece para que haja tensão elétrica constante em todos os pontos. Exemplo disso é o circuito elétrico residencial, onde todas as tomadas e as lâmpadas existentes na casa tem de ter a mesma intensidade de corrente elétrica. Caso uma das tomadas ou lâmpadas sejam danificadas, não prejudicarão as demais.

Figura 2.19 - Desenho ilustrativo de circuito elétrico de lâmpadas conectadas (a) em série, e (b) em paralelo.



Fonte: arquivo do autor.

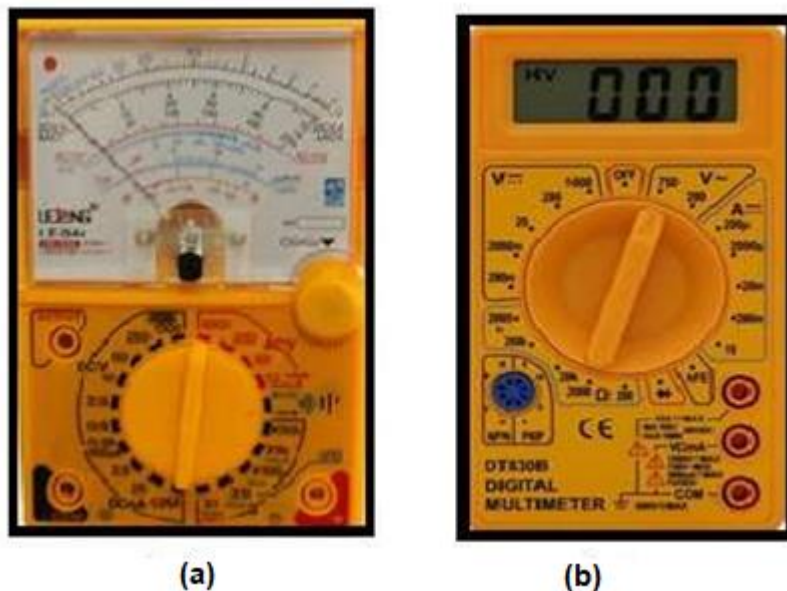
2.2.5.2 - Instrumentos de medição

Instrumentos de medida ou instrumentos de medição, como o próprio nome sugere, são aparelhos usados para realizar a medida de determinadas grandezas. Os diversos tipos de instrumentos de medidas elétricas podem ser de campo ou de bancada, analógicos ou digitais e com diferentes graus de precisão. Entre os diversos tipos de instrumentos de medição, podemos citar o Multímetro.

O multímetro é um equipamento capaz de medir as grandezas elétricas, muito utilizado pelos profissionais das áreas de elétrica e eletrônica nas funções que exercem no dia a dia, pois permite analisar o funcionamento de equipamentos e circuitos, além de verificar o comportamento das grandezas elétricas.

Ao longo dos anos, o multímetro vem sofrendo alterações e melhorias em seu conjunto. Atualmente existem basicamente dois tipos de multímetro representado na Figura 2.20, o multímetro (a) o analógico e (b) o digital. O multímetro analógico é um dispositivo um pouco mais antigo, entretanto, consegue executar a função de medir as grandezas elétricas com eficiência.

Figura 2.20 – Imagem fotográfica do multímetro (a) o analógico e (b) o digital.



Fonte: https://www.google.com/search?q=imagem+do+multimetro+analogico+e+digital&source=lmns&bih=625&biw=1366&hl=ptBR&sa=X&ved=2ahUKEwj_mbGDpYb9AhW0lpUCHbOWCLMQ_AUoAHoECAEQAA

A escala, em se tratando de aparelhos analógicos, se movimenta, por conta da sinalização que o multímetro faz, permitindo assim, a leitura dos valores das grandezas físicas avaliadas.

O multímetro digital é uma versão mais moderna do multímetro analógico. O multímetro digital mostra os valores medidos em sua tela de cristal líquido (LCD- *Liquid Crystal Display*). Mais prático, o multímetro digital é hoje o mais utilizado pelos profissionais. Ele converte a corrente elétrica para sinais digitais por meio dos seus circuitos análogo-digitais.

Equipamento que consegue unir as funções de medir: resistência na função Ohm (Ω), de corrente na função Ampère (A), e tensão na função Volts (V), além de outras funções, em um só instrumento.

O multímetro na função Ohm é um dos instrumentos utilizados para medir a resistência de um elemento individual ou combinados, ele também pode detectar situações da chamada circuito aberto, por assim dizer, e de curto circuito, podendo também verificar a continuidade das conexões de um circuito para poder assim, identificar os fios em um cabo com várias vias e claro ele pode testar alguns dispositivos semicondutores, ou seja, alguns dispositivos eletrônicos. (BOYLESTAD, Robert L, 2012).

Quando o multímetro está na função Ampère utilizado para medir as correntes elétricas. O multímetro deve ser ligado em série no circuito, pois assim para medirmos a corrente que passa em um fio geralmente precisamos desligar, ou “cortar” o fio e introduzir o amperímetro no circuito para que, assim, a corrente possa passar pelo instrumento e fornecer o valor.

É de suma importância que a resistência do amperímetro seja menor do que todas as outras, caso aconteça que a resistência do amperímetro seja maior que as outras resistências do circuito, a presença do medidor mudará o valor da corrente que se pretende medir (BALBINOT, BRUSAMARELLO, 2015).

Por fim, o multímetro na escala de tensão (V) é utilizado para medir as diferenças de potencial entre dois pontos de um circuito, onde temos que ligar os terminais do voltímetro em paralelo a esses pontos sem a necessidade abrir (cortar) o fio do circuito.

É de grande importância que a resistência do voltímetro seja maior do que a resistência dos elementos do circuito entre os pontos de ligação, diferente do amperímetro que a sua resistência tem que ser menor como dito anteriormente, caso não seja assim, a presença do medidor irá ter uma alteração na diferença potencial que se pretende medir (BALBINOT, BRUSAMARELLO, 2015).

Lembrando que qualquer ligação do multímetro para o circuito deve ser feita em pontos que não esteja isolado.

Como usar um multímetro básico?

Aqui vamos explicar como funciona o multímetro DT-830B da marca

Multímetro que foi usado neste trabalho. É um multímetro básico, de baixo custo (na média de R\$30,00 em janeiro de 2023) e que permite medir: tensão elétrica (volts), resistência elétrica (Ohm) e corrente elétrica (Ampère).

O multímetro possui três partes que serão usados para as medidas elétricas: *display (visor)*, chave seletora e *bornes de conexão*.

Display (Visor)

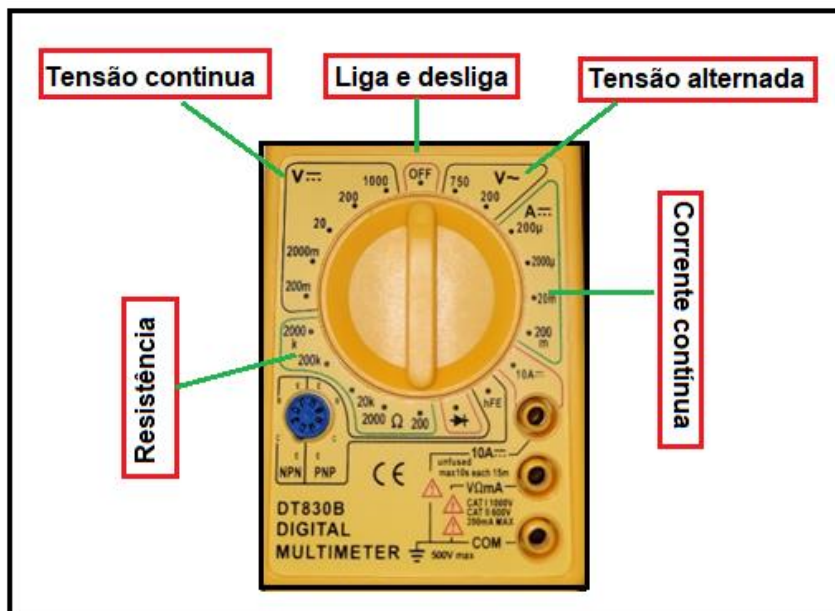
O display é onde são mostrados a leitura das medidas.

A maioria dos multímetros possui 3 ½ ou 4 ½ dígitos. O ½ dígito é usado para mostrar o sinal da medida (+ ou -).

Chave seletora

A chave seletora serve para selecionar a função que se quer utilizar, medidas de resistência, corrente ou tensão. O multímetro é desligado, escolhendo-se a posição correspondente na chave seletora.

Figura 2.21 – Imagem fotográfica da chave seletora de um multímetro indicando onde liga/desliga, medidas de tensão (contínua ou alternada), resistência e corrente.



Fonte: arquivo do autor.

Deve-se selecionar a escala imediatamente superior ao valor esperado da grandeza que se quer medir.

Por exemplo, se você quer medir a tensão numa tomada, e espera que o valor

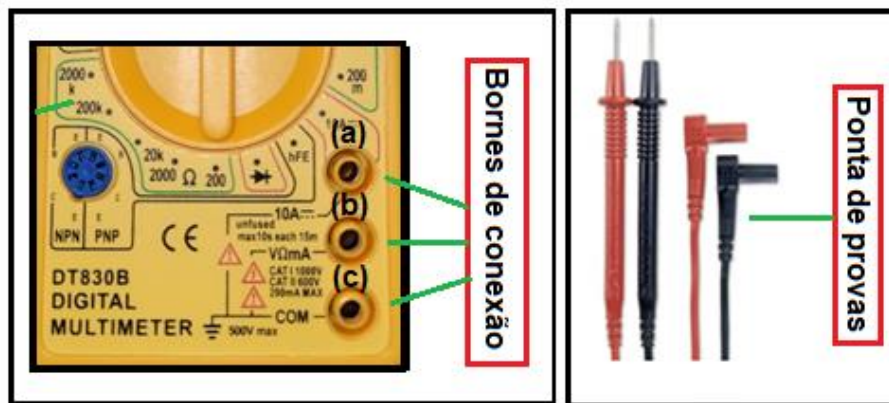
esteja em torno de 220 volts, deverá selecionar a escala imediatamente superior a esse valor, ou seja, 750 volts (tensão alternada).

Ponteiras e Bornes de conexão

O multímetro vem acompanhado por duas pontas de prova ou ponteiras sendo uma na cor vermelha, normalmente usada na polaridade positiva e outra na cor preta, normalmente usada na polaridade negativa.

Bornes de conexão ou conector de passagem, é um dispositivo que serve como conector de cabos (ponteiras). O aparelho possui 3 bornes de conexão. Que devem ser utilizados conforme a grandeza que se deseja medir. Partes essas ilustrada na Figura 2.22

Figura 2.22 - Imagem fotográfica dos bornes de conexão e pontas de prova.



Fonte: arquivo do autor.

A ponta de prova preta, deve ser ligada sempre ao borne COM (comum) (Terra/Negativo) indicado como (c) na Figura 2.22, e a ponta de prova vermelha deve ser ligada ao *borne* do meio ((b) na Figura 2.22), exceto quando se deseja medir corrente contínua acima de 200 mili-ampéres. Nesse caso, deve-se conectar a ponta de prova vermelha no *borne* de cima conforme indicado na Figura 2.22 em (a).

Depois de conectar as pontas de prova aos *bornes* adequados é necessário colocar a chave seletora na posição adequada.

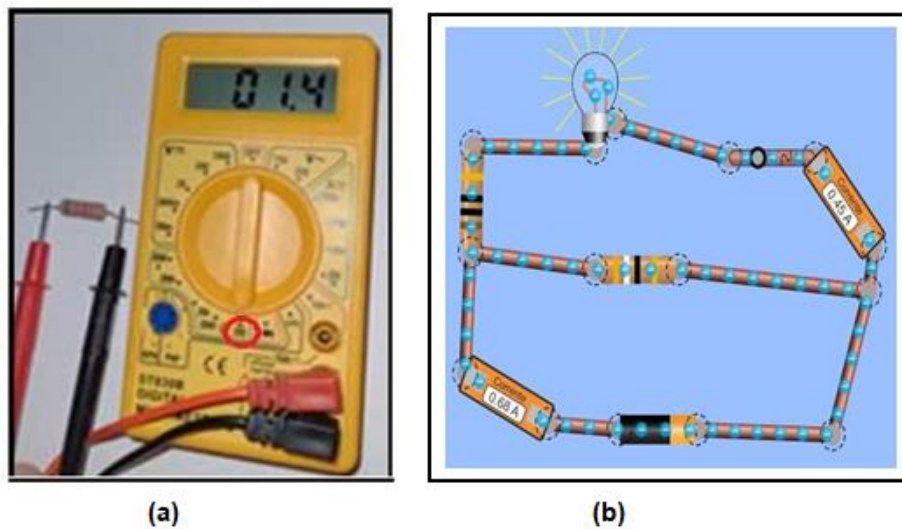
Como medir uma resistência elétrica?

Para medir uma resistência, seleciona a chave na função ohmímetro na posição de 200 Ω , conecte a ponta de prova vermelha no borne do meio e a outra ponta de

prova preta no *borne* COM. As cores são somente para ajudar na medida.

Após a conexão das pontas de prova, deve conectar cada ponta em uma das extremidades do resistor, conforme na Figura 2.23 (a), sendo assim o valor da resistência será demonstrado no *display* do aparelho. No caso indicando $1,4 \Omega$, se o último dígito não estiver variando ou variando de 0,1, o resultado final será $R = (1,4 \pm 0,1)\Omega$. E em (b) dois multímetro inserido em série no circuito.

Figura 2.23 – (a) Imagem fotográfica de um multímetro verifica a resistência de um resistor De $R = (1,4 \pm 0,1)\Omega$, (b) cópia de tela do simulador Phet circuito DC, com dois multímetro na função Ampere, inserido em série no circuito indicando correntes de valores diferentes 0,68 A perto da bateria (9V) e 0,45 A no lado superior direito



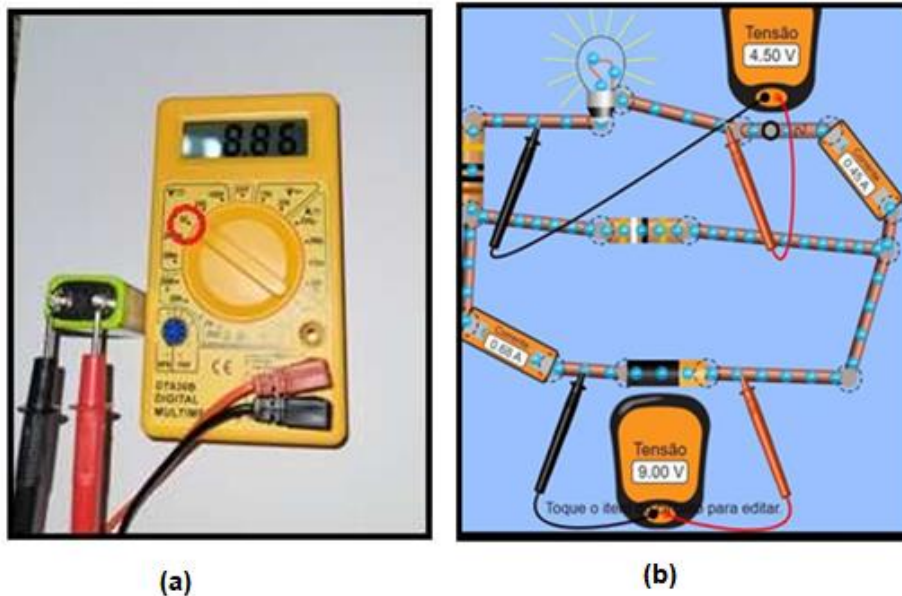
Fonte: (a) arquivo do autor. (b) https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html

Como medir uma tensão elétrica?

Para medir a tensão elétrica contínua, seleciona a chave na função voltímetro na posição de $20 V$, conecte a ponta de prova vermelha no *borne* domeio e a outra ponta de prova preta no *borne* COM.

Após a conexão das pontas de prova, deve conectar a outra extremidade de cada ponta no polo da bateria, conforme na Figura 2.24 (a), sendo assim o valor da tensão será demonstrado no visor do aparelho de $V = (8,86 \pm 0,01)V$. Em um circuito o multímetro é inserido em paralelo para medidas de tensão Figura 2.24. (b), na parte superior a tensão que passa na lâmpada é de $V = (4,50 \pm 0,01)V$ e na bateria de $V = (9,00 \pm 0,01)V$.

Figura 2.24 - (a) Imagem fotográfica de um multímetro verifica a tensão de uma bateria de 9V. (b) Medida de tensão multímetros conectados em paralelo ao circuito.



Fonte: (a) arquivo do autor; (b) https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html

O multímetro assim como qualquer instrumento ou equipamento de medidas elétricas requer informações para manusear sem risco de comprometer os resultados e mesmo danificar o equipamento ou acidente com o usuário. Como por exemplo, devemos ter cuidado para não medir corrente elétrica em escala ôhmica, ou em escala de tensão, caso venha acontecer, os componentes internos ficarão danificados.

Conforme citado por Boylastad,

É importante compreender que mesmo a passagem de correntes relativamente pequenas através do corpo humano pode ser muito perigosa e causar sérios danos ao organismo. Resultados experimentais revelam que o corpo humano começa a reagir a correntes de apenas uns poucos miliampères. Embora algumas pessoas suportem correntes em torno de 10 mA durante pequenos intervalos de tempo sem efeitos graves, qualquer corrente acima de 10 mA deve ser considerada perigosa. Na verdade, correntes de 50 mA podem provocar um grave choque elétrico, e correntes acima de 100 mA podem ser fatais. Na maioria dos casos, a resistência da pele do corpo, quando está seca, é alta o bastante para limitar a corrente através do corpo em níveis relativamente seguros para os graus de tensão normalmente encontrados nas residências. Entretanto, quando a pele está úmida por causa de transpiração ou água do banho, ou quando há um ferimento, sua resistência diminui drasticamente, e os níveis de corrente podem subir e ser perigosos para a mesma tensão.

Portanto, em geral, lembre-se simplesmente de que água e eletricidade não se misturam. Existem, atualmente, dispositivos de segurança para uso doméstico (por exemplo, o interruptor de corrente por falha no aterramento, [...]) que são projetados para serem usados especificamente em áreas úmidas como o banheiro e a cozinha; no entanto, acidentes acontecem. Trate a eletricidade com respeito, e não com medo. (BOYLESTAD, 2012, p. 31)

3- DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, descreveremos em detalhes o amadurecimento, desenvolvimento conceitual e objetivo do produto educacional em circuitos elétricos, Lei de Ohm e atividades experimentais, de forma a direcionar aos educandos a compreenderem os conceitos dos princípios Físicos inseridos nos contextos nos circuitos elétricos em corrente contínua por meio do acesso remoto. Utilizando a plataforma *online (Classroom)*, aparatos experimentais e o acesso remoto.

Destinado aos alunos do terceiro ano do ensino médio, o trabalho foi efetivado com as duas primeiras aulas teóricas em sistema remoto via *Google Meet* e seis aulas práticas em sistema híbrido, totalizando 8 aulas. Lembrando que a aplicação do PE ocorreu no retorno das aulas presenciais devido a Covid-19.

3.1 – Sequência Didática

Nessa sequência didática será proposto, inicialmente, o conteúdo sobre os circuitos elétricos para identificar o conhecimento prévio do aluno e também dar subsídio para que ele compreenda o conteúdo desenvolvido no produto educacional.

Primeiramente expõem-se para os alunos o trabalho a ser desenvolvido com a turma e, logo após, solicita-se que façam um mapa mental sobre circuitos elétricos, processo investigativo relacionados a temática que se desenvolverá ao longo das aulas, possibilitando assim a sequência da estruturação da sequência didática.

Após a produção do mapa mental pelos alunos e análise reflexiva por parte do professor, será feita uma explanação sobre o assunto por meio de:

- Artigos informativos;
- Utilização de recursos tecnológicos como computadores;
- Aulas remotas, com discussão sobre os assuntos abordados;
- Utilização do Moodle nas atividades de fixação, com a aplicação de questionários;
- Efetuar a atividade prática da disciplina através da experimentação remota utilizando computadores do laboratório ou dispositivos móveis;

Em seguida, serão realizadas aulas de fundamentação teórica sobre conceitos circuito elétrico em corrente contínua.

Quadro 3.1- Cronograma da aplicação do Produto Educacional.

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	Nº DE AULAS
<ul style="list-style-type: none"> ● Exposição através de diálogo com os alunos sobre o trabalho que será desenvolvido com a turma; ● Aplicação do questionário diagnóstico através do <i>google forms</i>. 	01
<ul style="list-style-type: none"> ● Exposição de conteúdo através de slide sobre mapas mentais; ● Produção do mapa mental pelos alunos; ● Discussão sobre o mapa mental por eles produzidos. 	01
<p>Aulas práticas utilizando material do laboratório da escola:</p> <p>Aula 01- Medidas elétricas</p> <p>Aula 02 - Circuitos em série e em paralelo</p> <p>Aula 03 - Condutibilidade em soluções eletrolítica.</p> <p>Aula 04 - Circuitos elétricos e aplicação da Lei de Ohm</p> <p>Aula 05 – Confecção de Gráfico tensão versus corrente</p> <p>Aula 06 - Lei de Ohm por acesso remoto – PELOAR</p>	06

Habilidade da Base Nacional Comum Curricular

(EF08CI02) Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais.

A seguir será apresentado todo o andamento das aulas.

3.1.1- Aula 01

Tema: Apresentação da Sequência Didática e aplicação do questionário

Objetivo geral: Por meio de uma aula dialogada, assimilar quais são os subsunçores dos alunos, sobre os conceitos de eletrodinâmica.

Objetivo específico:

- Compreender o que os alunos conhecem sobre a física relacionada a circuitos elétricos.

Recursos didáticos: plataforma da google: o formulário google (*google forms*), e o reunião google (*google meet*) para apresentação de *slides*.

Duração: 50 minutos

Encaminhamento - O primeiro momento dessa aula consiste na apresentação de diálogo com os alunos sobre o trabalho que será desenvolvido com a turma. Logo após, a aplicação do questionário diagnóstico (Quadro 3.2) do *google forms*.

Quadro 3.2 - Questionário Diagnóstico aplicado na primeira aula

01 - Você sabe que é átomo? <i>R – É a unidade fundamental da matéria.</i>
02 - Qual é o tamanho de um átomo? <i>R – Aproximadamente 10^{-10} metros</i>
03 - Quais são as cargas elétricas que você conhece? <i>R – Cargas eletricamente positivas e negativas</i>
04 - Você sabe quando o elétron foi descoberto? <i>R – Foi em 1897 por Joseph John Thomson</i>
05 - Qual é carga do elétron? <i>R – Carga negativa</i>
06 - Você sabe o que são partículas elementares? <i>R- São as menores cargas encontradas na natureza.</i>
07- Você sabe que é um corpo eletrizado? <i>R- Um corpo eletricamente carregado, por falta ou excesso de elétrons.</i>
08 - Você sabe o que é corrente elétrica? <i>R- É a variação da carga que flui em um circuito em um determinado intervalo de tempo.</i>
09 - Você sabe qual é a função dos fios elétricos? <i>R- Conduzir a corrente elétrica.</i>
10 - Você sabe como podemos detectar uma corrente elétrica? <i>R- Através do aparelho de medição (multímetro)</i>
11- Você conhece algum aparelho para medir corrente elétrica?

<i>R – Multímetro</i>
12 - Você, mexendo em algum aparelho eletrônico, já levou algum choque? <i>R – Sim, tomando banho.</i>
13 - O que você sabe sobre circuito elétrico? <i>R - É um circuito fechado, ele começa e termina no mesmo ponto.</i>
14 - Você sabe o que é curto-circuito? <i>R – É um trajeto no circuito onde não há resistência que dissipe a corrente elétrica.</i>
15 - Você comprou um chuveiro elétrico ou um aparelho eletrodoméstico e ao fazer a instalação se deparou com um fio terra. Você sabe para que serve o fio terra? <i>R – É um fio condutor de proteção</i>
16 - Você sabe qual a importância do aterramento elétrico da casa? <i>R- Serve com um fio como proteção, permite uma “rota de fuga” em caso de descarga elétrica.</i>
17- Que tipo de energia chega na sua residência? Ela é renovável? <i>R – A energia hidrelétrica é uma energia renovável, que é obtida pelos desníveis dos rios.</i>
18 - Você sabe o que é uma pilha? <i>R – É um dispositivo no qual ocorre produção de corrente elétrica a partir de energia química.</i>
19 - Você sabe onde e como é gerada a eletricidade? <i>R – Na usina hidroelétrica, gerada nos movimentos das turbinas pela água.</i>
20 - Se você recebesse um multímetro na escala do voltímetro e um na escala de amperímetro com um resistor conectado numa fonte de tensão variável, como você faria para determinar a resistência elétrica do resistor? <i>R- Dividindo a tensão pela a corrente elétrica.</i>

Estratégia utilizada para instigar os alunos sobre o assunto e investigar o conhecimento prévio do aluno.

3.1.2 - Aula 02

Tema: Mapas mentais sobre circuito elétrico

Objetivo geral: Organizar os conceitos subsunçores trazidos pelos alunos, por meio de sustentar o domínio das ideias, das leis, dos conceitos e definições presentes na

linguagem científica presentes nos princípios da eletrodinâmica.

Objetivos específicos:

- Organizar ideias, conceitos e informações de modo esquematizado, integrando conceitos novos e antigos para melhor compreender a ideia geral.
- Oferecer uma comunicação clara de ideias complexas e compreender sobre mapas mentais.

Recursos: plataforma da google: reunião google (*google meet*) para apresentação de slides. Computador e site (www.goconqr.com).

Duração: 50 minutos

Encaminhamento – O primeiro momento de forma remota, *via google meet*, uma aula dialogada a explanação dos conceitos sobre mapa metal.

Os educandos irão receber uma orientação para poder acessar o *link*: www.goconqr.com, onde irão criar uma conta – aluno, para acessar a plataforma e construir seu mapa metal.

A aula será realizada de forma remota no *google Meet*. Após a construção dos mapas metais, os alunos enviarão *via WhatsApp*. Estratégia utilizada para instigar os alunos sobre o assunto e investigar seu conhecimento prévio.

3.1.3 - Aula 03

Tema: Medidas elétricas

Objetivo geral: Realizar o tratamento pedagógico fazendo uso da experimentação e manuseio de instrumentos de medição para então realizar a discussão das ideias e conceitos da eletrodinâmica.

Objetivos específicos:

- Aprender a manusear e fazer a leitura correta, com um multímetro digital, na realização de medidas de tensões e correntes elétricas, contínuas, assim como medir as resistências elétricas.
- Aprender a montar os circuitos elétricos simples, obter relações matemáticas dos resistores equivalentes em circuitos em série e paralelo.

Recursos - 1 conjunto experimental contendo: 1 Multímetro, 4 resistores ôhmicos de valores diferentes e 1 pilha (9V), além de fios conectores com jacarés.

Duração: 50 minutos

Encaminhamento: Essa aula será realizada em formato híbrido, ou seja, diferente das aulas 01 e 02, que acontecerá no laboratório de Ciências, o que traz, em primeiro lugar, a necessidade de explicar sobre os protocolos de segurança em relação ao distanciamento social e uso de máscaras naquele recinto devido ao vírus SARSCoV 2. Em seguida, os alunos serão divididos em 4 grupos de 5 integrantes, onde serão entregues para cada aluno (Figura 3.1) um *kit* experimental.

Figura 3.1 - Imagem fotográfica do KIT experimental que será utilizado na aula 03. Nele constam, 4 resistores, uma bateria de 9V e um multímetro com os cabos de conexão.



Fonte: arquivos do autor.

Na sequência, por meio de uma aula dialogada, serão apresentadas as funcionalidades e aplicabilidades do multímetro, isto é, ensinar a eles as principais funções do respectivo aparelho e como manuseá-lo de forma correta e segura.

A partir deste momento, a turma realizará as medições de tensão elétrica da bateria, dos resistores equivalentes associados em série e em paralelo, obtendo as equações do resistor equivalente das respectivas associações. Com essa prática com o uso do multímetro, os alunos poderão constatar a equivalência entre os valores medidos e aqueles obtidos por meio da equação de resistência equivalente.

Após a realização das atividades descritas, será entregue um questionário descritivo (Quadro 3.3) para os alunos responderem.

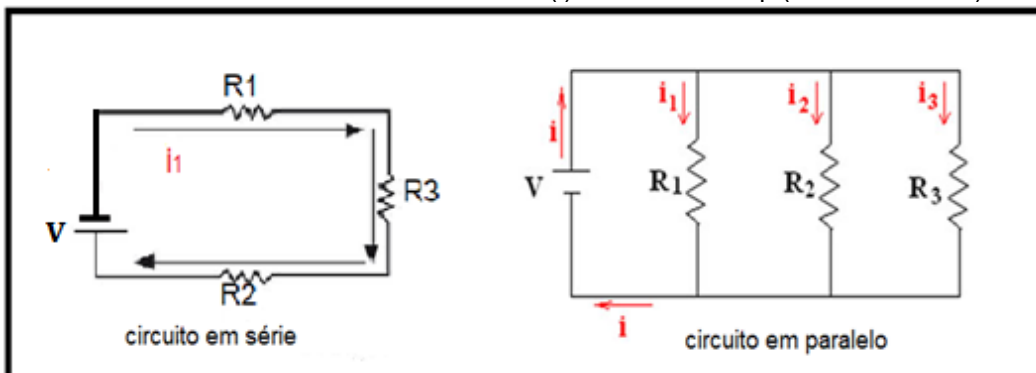
Quadro 3.3 - Questionário diagnóstico da aula 03 – Medidas elétricas– uso do multímetro.

01 - Quais são as três partes do multímetro?

R - Display, chave seletora e bornes de conexão.

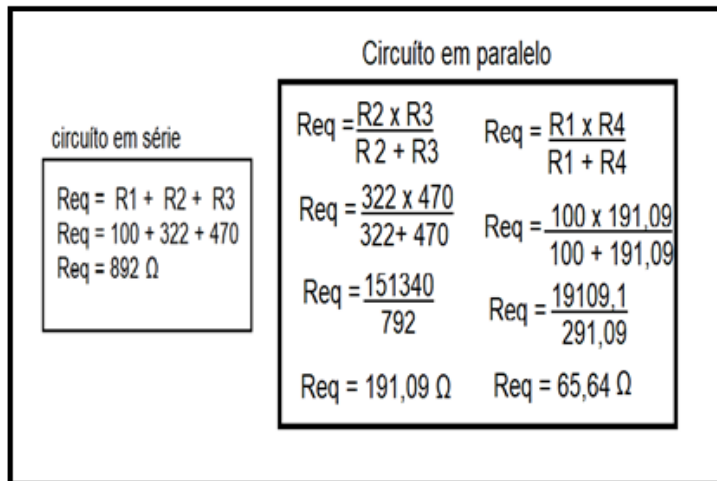
02 - Qual a função do multímetro na escala voltímetro? <i>R - Verificar a tensão elétrica</i>
03 - Qual a função do multímetro na escala amperímetro? <i>R - Verificar a corrente elétrica</i>
04 - Qual a função do multímetro na escala ohmímetro? <i>R - Verificar a resistência</i>
05 - O voltímetro poderá verificar quais tipos de tensão elétrica? <i>R - Contínua e alternada</i>
06 - Qual a função do resistor? <i>R - Se opor a passagem dos portadores de carga elétrica.</i>
07 - Onde encontramos a tensão alternada? <i>R - Nas residências</i>
08 - Onde encontramos a tensão contínua? <i>R - Nas fontes de celulares nas pilhas e baterias</i>
09 - Qual a tensão encontrada na rede elétrica da sua residência? <i>R - Alternada</i>
10 - Calcule a resistência equivalente do circuito apresentado na Figura 3.2 Obs.: Os valores dos resistores foram obtidos pelos alunos.

Figura 3.2- Imagem esquemática de um circuito elétrico com resistores (R) em série e paralelo, indicando em cada uma o sentido da corrente (i) e sendo V a ddp (fonte de tensão).



Fonte: arquivos do autor.

Resolução da questão 10.



3.1.4 - Aula 04

Tema: Circuitos em série e em paralelo

Objetivo geral: Reconhecer, com o auxílio da experimentação, que o eletromagnetismo e a eletrodinâmica são parte da Física que se fundamenta em um campo teórico, constituído de conceitos fundamentais.

Objetivos específicos:

- Discutir circuitos simples em corrente contínua e as diferenças entre as ligações em série e em paralelo de resistores.
- Aprender a utilizar o multímetro na função amperímetro.
- Medir corrente elétrica nas ligações em série e paralelo.
- Medir em circuitos elétricos com corrente contínua (pilha ou bateria), utilizando o multímetro na função voltímetro.

Recursos - um conjunto contendo: 1 multímetro, capacitor, fios, 1 gerador de tensão, 1 indutor, 1 resistor, 1 protoboard e lâmpadas.

Duração: 50 minutos

Encaminhamento: Por meio de uma aula dialogada e demonstrativa, serão explicadas, por meio de um experimento demonstrativo, as principais características e funções dos elementos que compõe um circuito elétrico (capacitor, fio, gerador, indutor e resistor) usando uma protoboard.

Na sequência será apresentado um aparato experimental que possui uma associação de soquetes ligados em série e uma outra associação de resistores ligados em paralelo

(Figura 3.3). Quando rosqueadas às lâmpadas no soquete e a tomada ligada (110 V), será possível demonstrar o comportamento da tensão e da corrente elétrica.

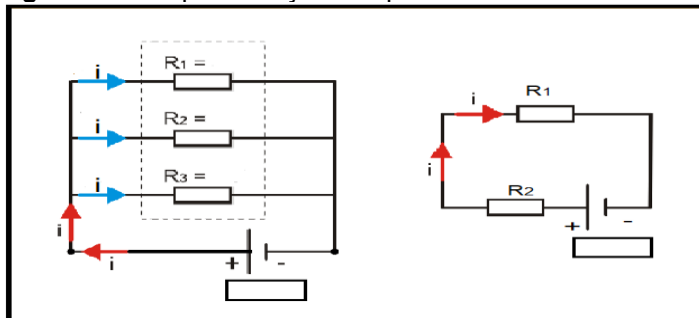
Figura 3.3 - Imagem fotográfica de um dos aparatos experimentais que será utilizado na aula 04, lâmpadas (a) em paralelo e (b) em série.



Fonte: arquivos do autor.

A mesma análise será feita na associação de resistores, seguindo o esquema da Figura 3.4. Os alunos deverão preencher os valores no esquema da Figura 3.4 com os valores dos resistores que eles mediram, assim como o valor da tensão.

Figura 3.4 - Representações esquemáticas de um circuito elétrico com resistores em série e paralelo.



Fonte: arquivos do autor.

Após as respectivas demonstrações, será entregue um questionário (Quadro 3.4) aos alunos.

Quadro 3.4 - Questionário diagnóstico da aula 04 – circuitos série e paralelo – lâmpadas e resistores.

01 - Qual a definição de corrente elétrica?

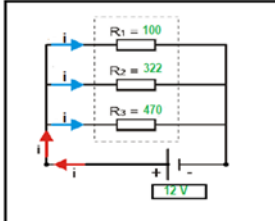
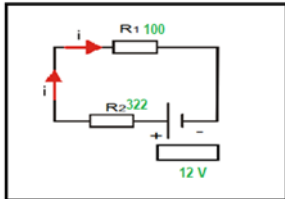
R - Variação da carga que flui em um circuito em um determinado intervalo de tempo.

02 - Quais são os componentes de um circuito elétrico?

R - Os citados na aula foram o resistor, capacitor, indutor, fio, gerador e fio. E utilizado

<i>lâmpadas que é um resistor não ôhmico, assim como leds</i>
03 - O que é um circuito elétrico aberto? <i>R - É um circuito fechado, ele começa e termina no mesmo ponto.</i>
04 - O que acontece se retirarmos uma lâmpada acesa que está ligada em série com outras? <i>R - As outras lâmpadas irão apagar</i>
05 - O que acontece se retirarmos uma lâmpada acesa que está ligada em paralelo com outras? <i>R - As outras lâmpadas continuarão acesa</i>
06- Em um circuito em série, como se comportará a corrente elétrica no circuito? <i>R - O fluxo de elétrons, corrente elétrica, no circuito sempre será o mesmo sobre as cargas, isso porque há apenas um único caminho para a passagem desses elétrons.</i>
07- Quando a pilha está carregada, é comum encontrarmos um valor um pouco maior na verificação da tensão da pilha? <i>R - Sim, podemos encontrar como valor maior, indicando que está com a carga máxima. Caso encontre uma pilha indicando igual ou menos, desconfie que essa pilha poderá está com defeito.</i>
08 - Qual escala deverá ser inserida no seu multímetro para verificar uma pilha de 1,5V? <i>R - Para verificar uma pilha de 1,5V, posicione a escala em 20V ou 2000mV (2V).</i>
09 - Calcule a intensidade da corrente elétrica para os circuitos apresentados na Figura 3.4. Obs.: Os valores dos resistores foram obtidos pelos alunos utilizando um multímetro.

Resolução da questão 9, circuito apresentado na Figura 4.12, para os resistores de 100, 322 e 470 Ohm com a tensão de 12V.

Circuito em paralelo	
	$i_1 = \frac{U}{R_1} \quad i_2 = \frac{U}{R_2} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}$ $i_1 = \frac{12}{100} \quad i_2 = \frac{12}{322} \quad i_3 = \frac{12}{470}$ $i_1 = 0,12 \text{ A} \quad i_2 = 0,037 \text{ A} \quad i_3 = 0,025 \text{ A}$ $i_t = i_1 + i_2 + i_3$ $i_t = 0,12 + 0,037 + 0,025$ $i_t = 0,185 \text{ A}$
Circuito em série	
	$R_{eq} = R_1 + R_2 \quad I = \frac{U}{R_{eq}}$ $R_{eq} = 100 + 322 \quad I = \frac{12}{422}$ $R_{eq} = 422 \ \Omega \quad I = 0,028 \text{ A}$

Materiais:

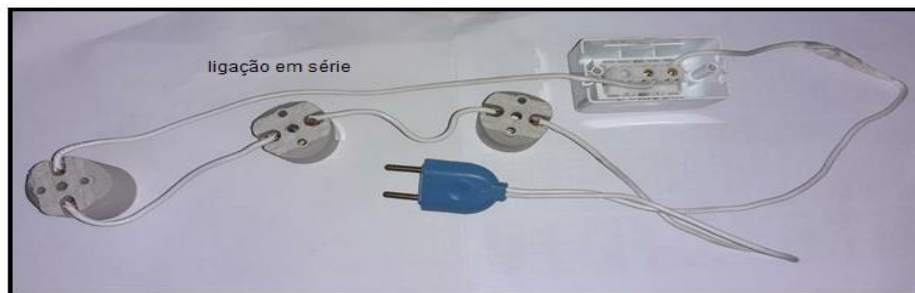
6 soquetes
6 lampadas
Fio de 2,5 mm
2 interruptores
2 plugs tomada pino macho 10a 250v
1 madeira de 40cm X 30cm

Montagem do aparato

Mostraremos passo a passo como confeccionar o aparato utilizado nesta aula.

1º - ligar os fios em cada soquete em série como está sendo apresentado na figura 3.5, logo após, fazer a ligação no interruptor e no plug tomada pino macho.

Figura 3.5: Imagem fotográfica da ligação em circuito em série.



Fonte: arquivos do autor.

2º - ligar os fios em cada soquete em paralelo, como apresentado na figura 3.6, logo após, fazer a ligação no interruptor e no plug tomada pino macho.

Figura 3.6- Imagem fotográfica da ligação em circuito em paralelo.



Fonte: arquivos do autor.

Após fazer as ligações dos circuitos em série e paralelo, fixar na madeira no sentido horizontal, igual está sendo apresentado na figura 3.7 e 3.8.

Figura 3.7 - Imagem fotográfica da ligação em paralelo



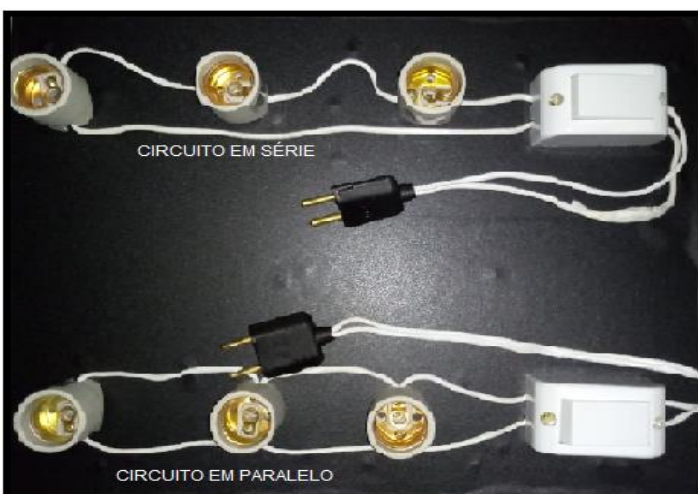
Fonte: arquivos do autor.

Figura 3.8- Imagem fotográfica da ligação em série



Fonte: arquivos do autor.

Figura 3.9- Imagem fotográfica do aparato experimental montado sobre circuito elétrico em série e paralelo.



Fonte: arquivos do autor.

A título de completeza, na Tabela 3.1, são informados os valores dos principais dispositivos usados para a confecção do aparato experimental.

Tabela 3.1- Valores, em reais, dos componentes necessários para a montagem do aparato. Cotação dos valores em 2021

Equipamentos	Valores
6 soquetes	R\$ 21,00
6 lâmpadas	R\$ 45,00
3 metros de fio de 2,5 mm	R\$ 7,20
2 interruptores	RS 17,80
2 plug tomada pino macho 10 A	R\$ 6,80
1 madeira de 40cm X 30cm	R\$ 8,00
Total	R\$ 105,50

3.15 - Aula 05

Tema: Condutibilidade em soluções eletrolítica.

Objetivo geral: Relacionar o conhecimento da Física, dentro do campo teórico do eletromagnetismo, como outros campos do conhecimento.

Objetivo específico:

- Discutir sobre a condutibilidade elétrica das soluções.

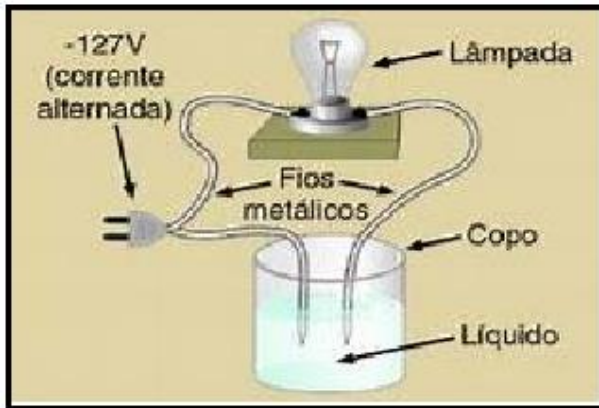
Recursos – fios, lâmpadas, sacarose, cloreto de sódio, hidróxido de sódio, água e béquer (ou copo de vidro). Uso de *slides*.

Duração: 50 minutos

Encaminhamento: Será realizada uma aula dialogada com explicação de conteúdo sobre corrente contínua e corrente alternada, tendo como suporte pedagógico apresentações em *slides*.

Na sequência, será utilizado um experimento, usando um aparato experimental composto de fio, lâmpada e um interruptor (Figura 3.10) ligado à uma tomada 110V e três soluções (sacarose, cloreto de sódio e hidróxido de sódio), que oportunizará a explicação da condutibilidade das soluções eletrolíticas e não-eletrolíticas.

Figura 3.10 - Imagem do esquema do aparato experimental sobre condutibilidade em soluções.



Fonte: <http://quimicacoopepi.blogspot.com/2011/10/1-ano-condutividade-eletrica-das-soluco.html>

Materiais:

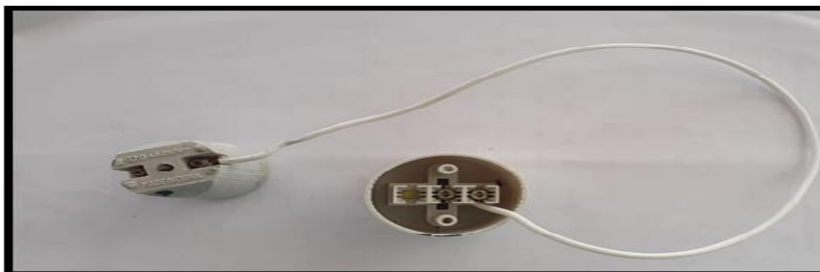
1 soquete
1 lâmpada
1,5 metro de fio de 2,5 mm
2 plugs tomada pino macho 10a 250v
1 madeira de 30cm 20cm

Montagem do aparato:

Mostraremos passo a passo como confeccionar o aparato utilizado nesta aula.

1º ligar uma ponta do fio no soquete e a outra, no interruptor, como mostra a Figura 3.11.

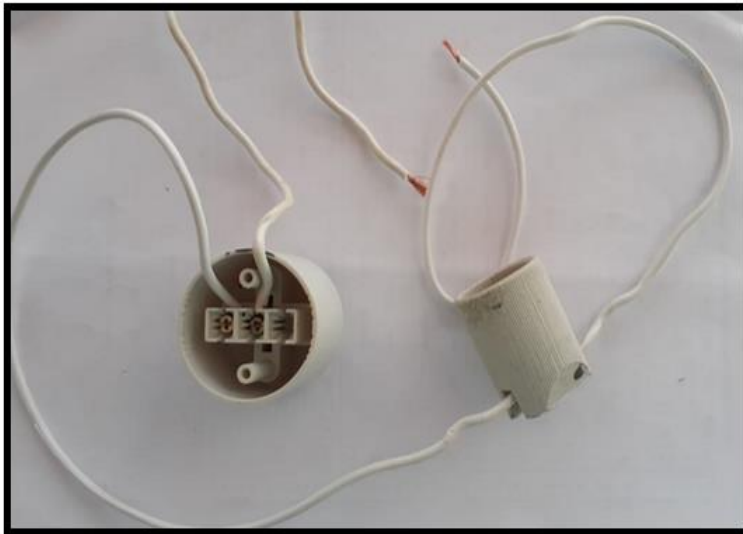
Figura 3.11: Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivos do autor.

2º - ligar um ponta do fio no soquete e deixar a outra livre, logo após, conectar um fio no interruptor, como mostra a Figura 3.12.

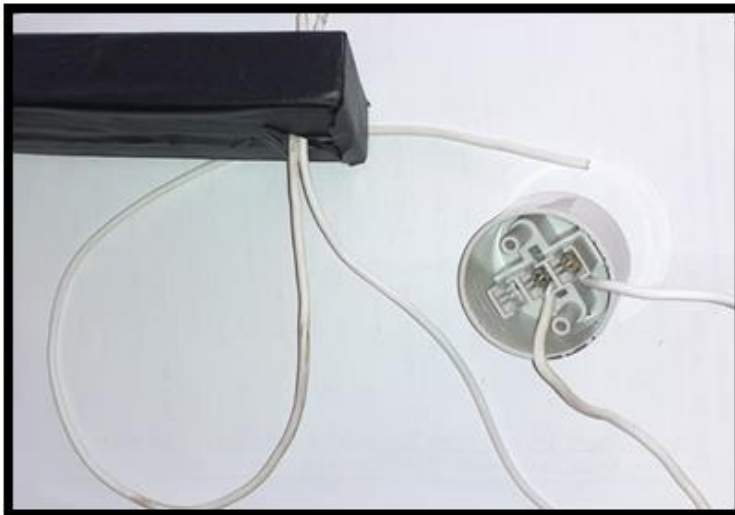
Figura 3.12- Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivos do autor.

3º - passar uma ponta do fio que sai do interruptor e outra que sai do soquete, pelo orifício da madeira, como mostra a Figura 3.13.

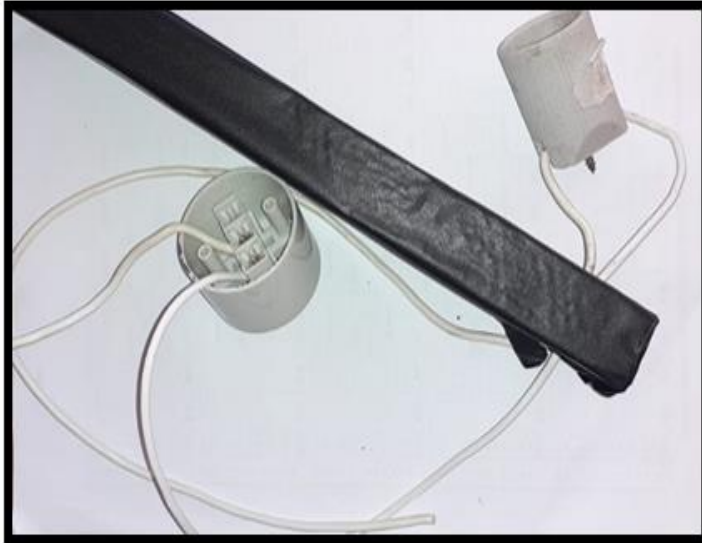
Figura 3.13: Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivos do autor.

4º - ligar o fio que sai do soquete no interruptor, como mostra a Figura 3.14.

Figura 3.14- Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivos do autor.

5º fixar o soquete na madeira, como mostra a Figura 3.15.

Figura 3.15- Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivos do autor.

6º - passar os fios pelo orifício da madeira e conectar no interruptor, como mostra a

Figura 3.16.

Figura 3.16 - Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivos do autor.

7 -º fixar o interruptor na madeira, como mostra a Figura 3.17.

Figura 3.17- Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivos do autor.

8º - deixar uma perna do fio que vem do plug tomada livre e outra que vem do soquete, como mostra a Figura 3.18.

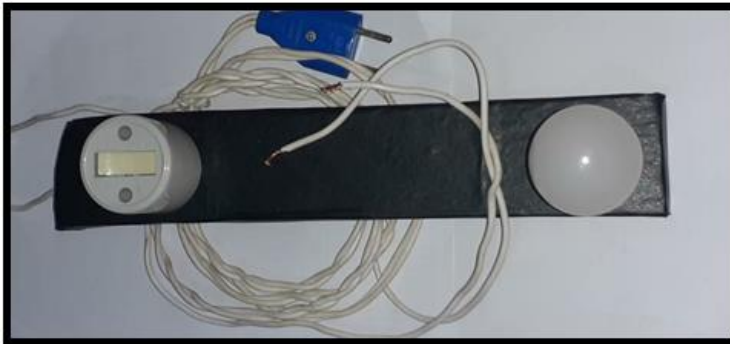
Figura 3.18- Imagem fotográfica da montagem do aparato



Fonte: arquivo do autor

Resultado do aparato depois de confeccionado na Figura 3.19.

Figura 3.19- Imagem fotográfica do aparato montado.



Fonte: arquivos do autor.

A título de completeza, na Tabela 3.2, são informados os valores dos principais dispositivos usados para a confecção do aparato experimental.

Tabela 3.2- Valores, em reais, dos componentes necessários para a montagem do aparato. Cotação dos valores em 2021.

Equipamentos	Valores
1 soquete	R\$ 3,50
1 lâmpada	R\$ 7,50
1,5 metro de fio de 2,5 mm	R\$ 3,60
1 plugs tomada pino macho 10a 250v	R\$ 3,40
1 madeira de 30cm 20cm	R\$ 7,00
Total	R\$ 25,00

3.1.6 - Aula 06

Tema: Circuitos elétricos e aplicação da Lei de Ohm

Objetivo geral: Reconhecer os conceitos que dão sustentação ao eletromagnetismo, como também, o domínio das ideias, ao reconhecer as propriedades elétricas dos materiais e entender o funcionamento de um circuito elétrico.

Objetivo específico:

- Montagem de circuitos elétricos utilizando medidores de grandezas elétricas e aplicação da Lei de Ohm

Recursos - conjunto experimental (*kit*) contendo: dois multímetros, quatro resistores, fios de conexão, 1 protoboard e uma fonte de tensão variável (0-12V). Computador e slides.

Duração: 50 minutos

Encaminhamento: a turma será dividida em quatro grupos de 5 alunos e entregue para cada grupo um *kit*.

No início da aula será abordado o conteúdo a respeito da montagem de um circuito elétrico e o uso do multímetro; ora como “voltímetro” e ora como “amperímetro”.

Em seguida, os alunos montarão o circuito elétrico utilizando o *kit* que receberam, medindo a tensão e a corrente elétrica, fazendo as suas respectivas anotações. Após a realização das medidas, os alunos observarão a diferença entre os resultados obtidos pelos diferentes grupos.

Após a discussão dos alunos, espera-se que cheguem à conclusão que as diferenças entre os resultados eram decorrentes dos diferentes valores dos resistores utilizados em cada grupo. **Ressaltando que os valores das resistências não serão informados previamente, nesse momento a expectativa é que os** aprendentes tenham entendido a razão dos diferentes valores obtidos nas resistências, sem a intervenção do professor.

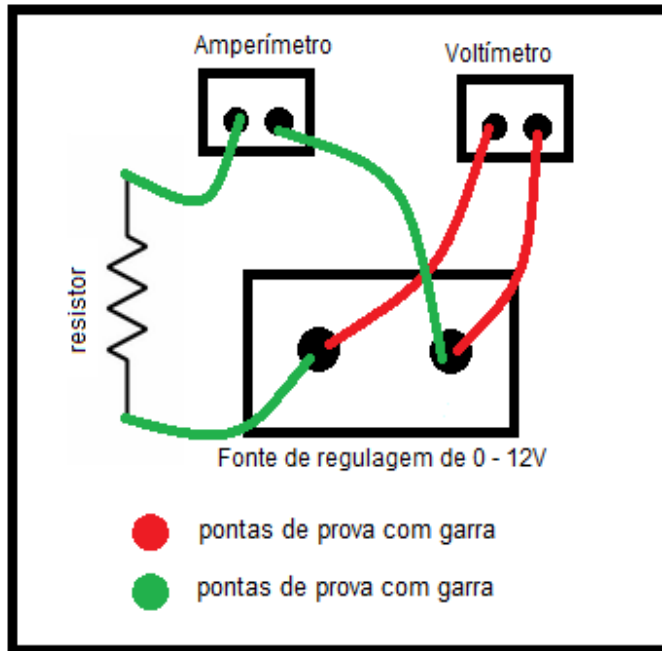
Montagem do circuitos elétricos

Materiais:

2 multímetros
1 fonte de regulagem de 12 Volts
resistores diversos

Segue passo a passo como montar o circuito elétrico.

Figura 3.20- Imagem do esquemático do circuito elétrico.



Fonte: arquivos do autor.

1º - Utilizar uma fonte de regulagem.

Figura 3.21 - Imagem fotográfica da fonte de tensão de regulagem de 0-12V, destinado a fornecer um valor de tensão contínua constante na saída, quando a corrente de carga e a tensão de entrada variarem entre valores limites preestabelecidos.

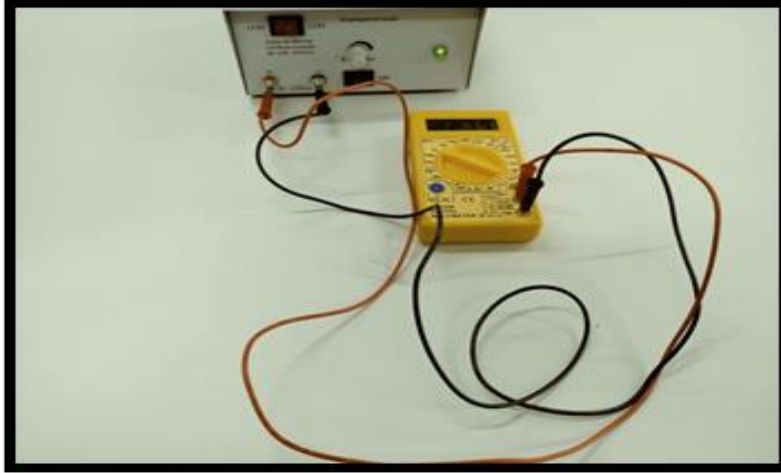


Fonte: arquivos do autor.

2º - Utilizar o multímetro na função voltímetro e ligar na saída da fonte de tensão, como

representa a imagem abaixo. Os parâmetros de medição são detectados e selecionados de forma automática de acordo com o conector de medição utilizado.

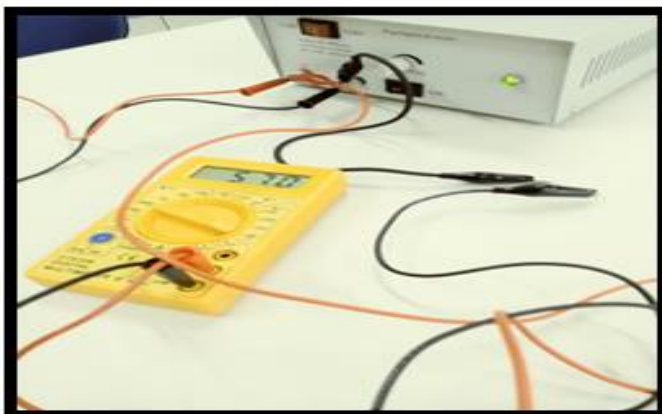
Figura 3.22 - Imagem fotográfica do voltímetro ligado na fonte de tensão.



Fonte: arquivos do autor.

3º - Utilizar o multímetro na função amperímetro e conectar uma ponta de prova de garra crocodilo na saída da fonte e a outra no resistor, conforme é mostrado na imagem. O amperímetro deve ser ligado sempre em série para aferir a corrente que passa por determinada região do circuito. Para isso, o amperímetro deve ter sua resistência interna muito pequena, a menor possível.

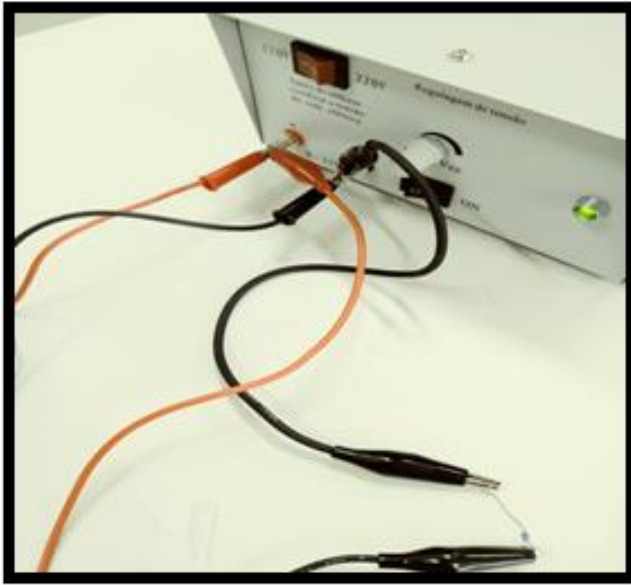
Figura 3.23 - Imagem fotográfica do voltímetro ligado na fonte de tensão.



Fonte: arquivos do autor.

4º - Conectar uma garra de crocodilo na saída da fonte e a outra garra no resistor, conforme é mostrado na imagem abaixo.

Figura 3.24 - Imagem fotográfica do cabo de conexão do amperímetro ligado na fonte e no resistor.



Fonte: arquivos do autor.

5º - Com o circuito montado conforme a imagem, todas as medições podem ser feitas. O professor ou até mesmo o educando, poderá trocar o resistor e coletar os dados para análise.

Figura 3.25 - Imagem fotográfica do circuito montado.



Fonte: arquivos do autor.

A título de completude, na Tabela 3.3, são informados os valores dos principais dispositivos usados para a confecção do aparato experimental.

Tabela 3.3- Valores, em reais, dos componentes necessários para a montagem do circuito elétrico. Cotação dos valores em 2021

Equipamentos	Valores
2 multímetros	R\$ 70,00
1 fonte de regulação de 12 Volts	R\$ 250,00
6 resistores diversos	R\$ 6,00
Total	R\$ 326,00

3.1.7 - Aula 07

Tema: Confeção de Gráfico tensão versus corrente

Objetivo geral: Relacionar o campo teórico e experimental da Física com o contexto social dos estudantes, incluindo suas concepções de seu cotidiano.

Objetivos específicos:

- Aprender a confeccionar gráficos pelo *software* livre SciDAVis com os resultados obtidos na aula 06;
- Aprender a interpretar gráficos

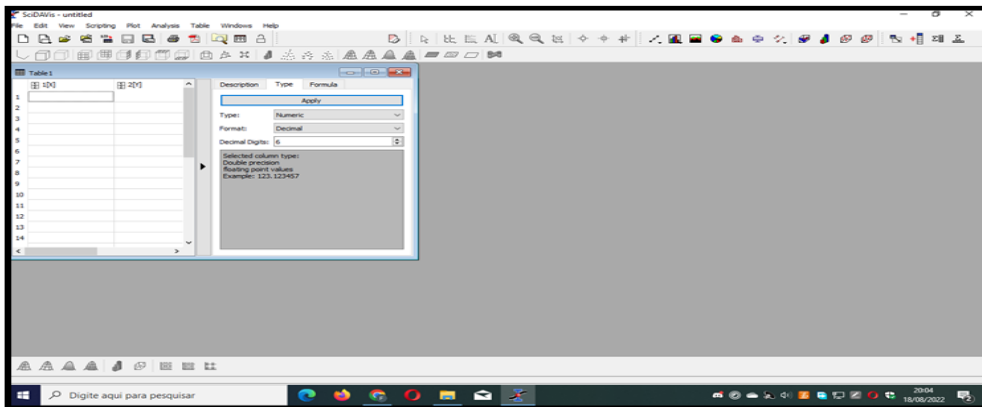
Recursos: Computador, *software* SciDavis

Duração: 50 minutos

Encaminhamento: Os alunos serão conduzidos até o laboratório de informática, no qual terá uma explicação sobre o *software* SciDavis, um recurso para a confeção de gráficos. Com resultados obtidos durante aulas anteriores, os educandos irão confeccionar e interpretar os gráficos.

1º - Acessar o aplicativo SciDavis na opção apply, isso fará abrir uma tela com uma tabela, conforme mostra a imagem abaixo.

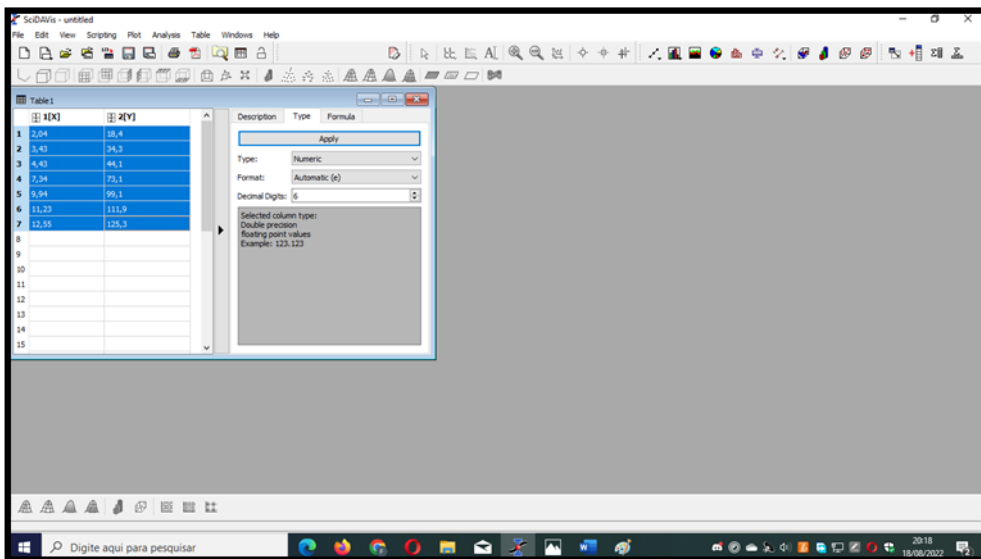
Figura 3.26 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

2º - Digitar e selecionar os valores obtidos na aula experimental.

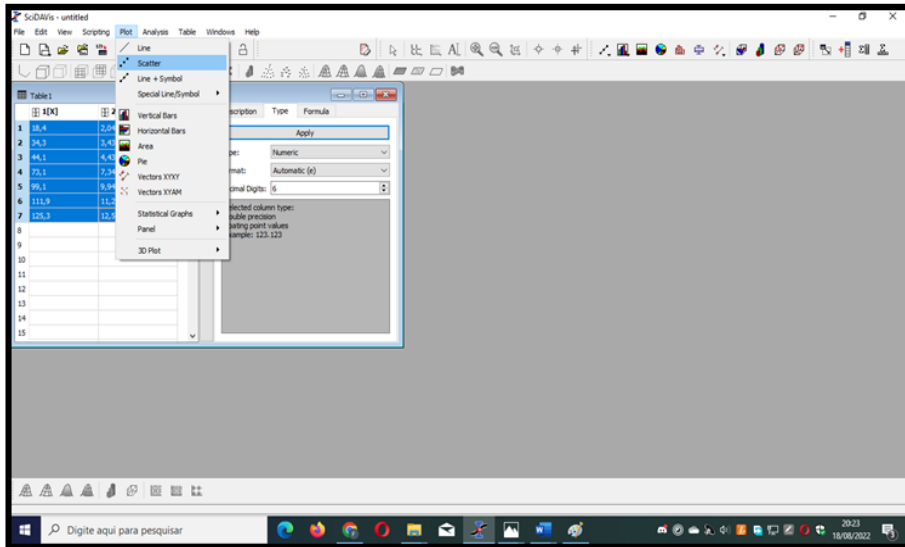
Figura 3.27 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

3º - selecionar a opção plot e depois, a opção Scatter.

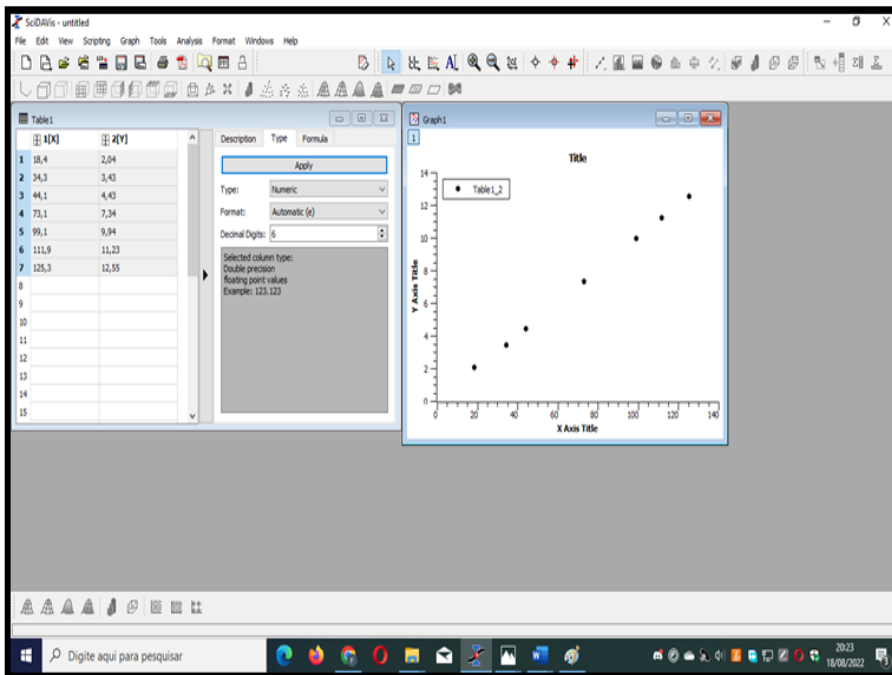
Figura 3.28 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

4º - O gráfico de pontos então irá aparecer

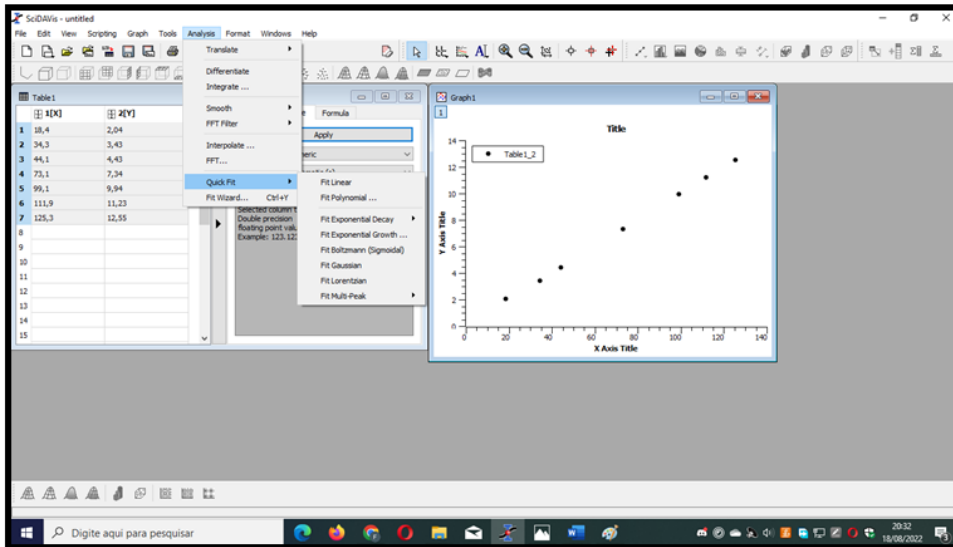
Figura 3.29 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

5º - Selecionar a opção analysis, em seguida Quick fit

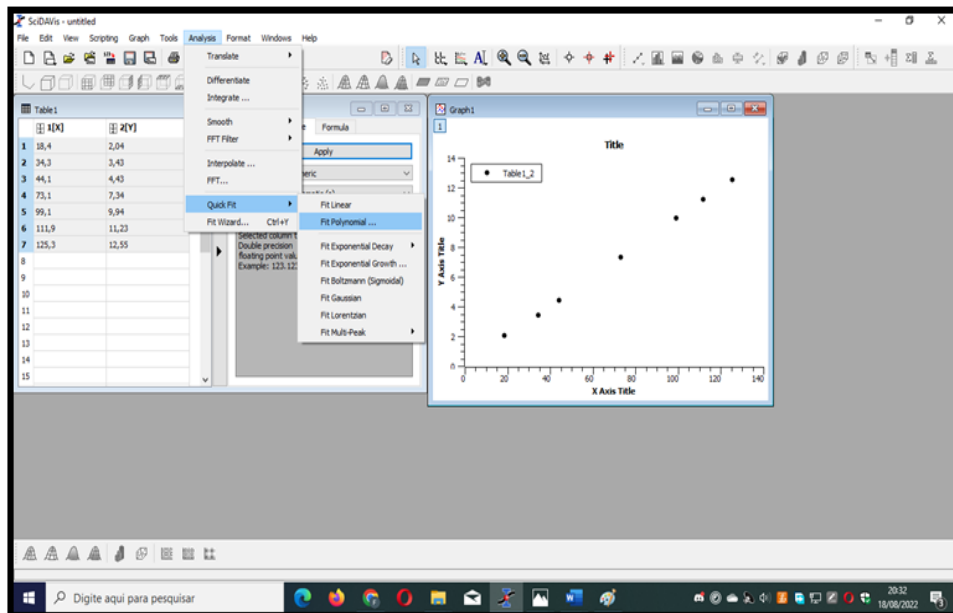
Figura 3.30 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

6º - Em seguida, clicar em Fit polynomial

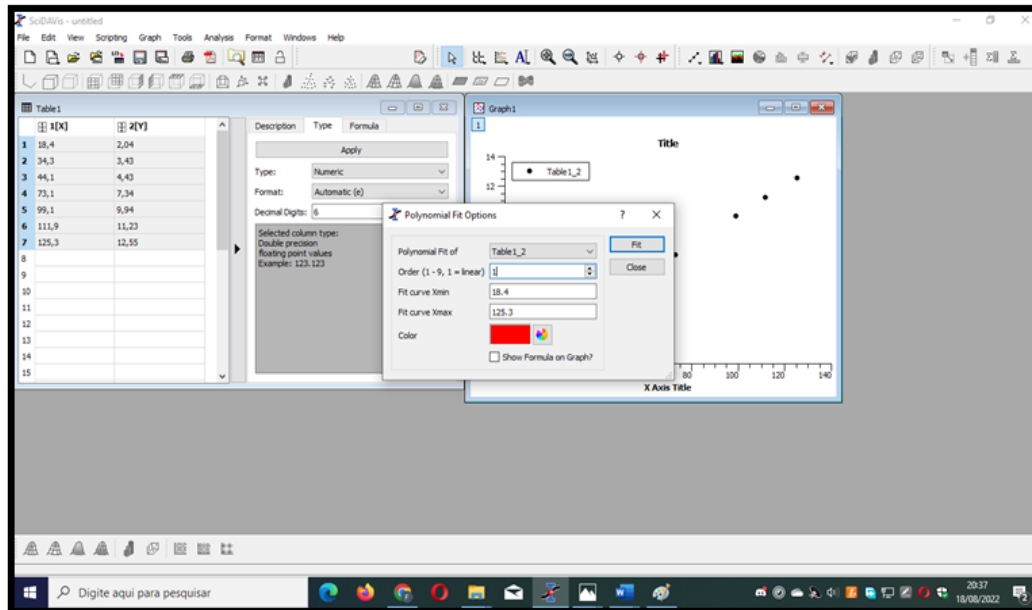
Figura 3.31 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

7º - Após, selecionar a opção Order 1 e clicar em Fit

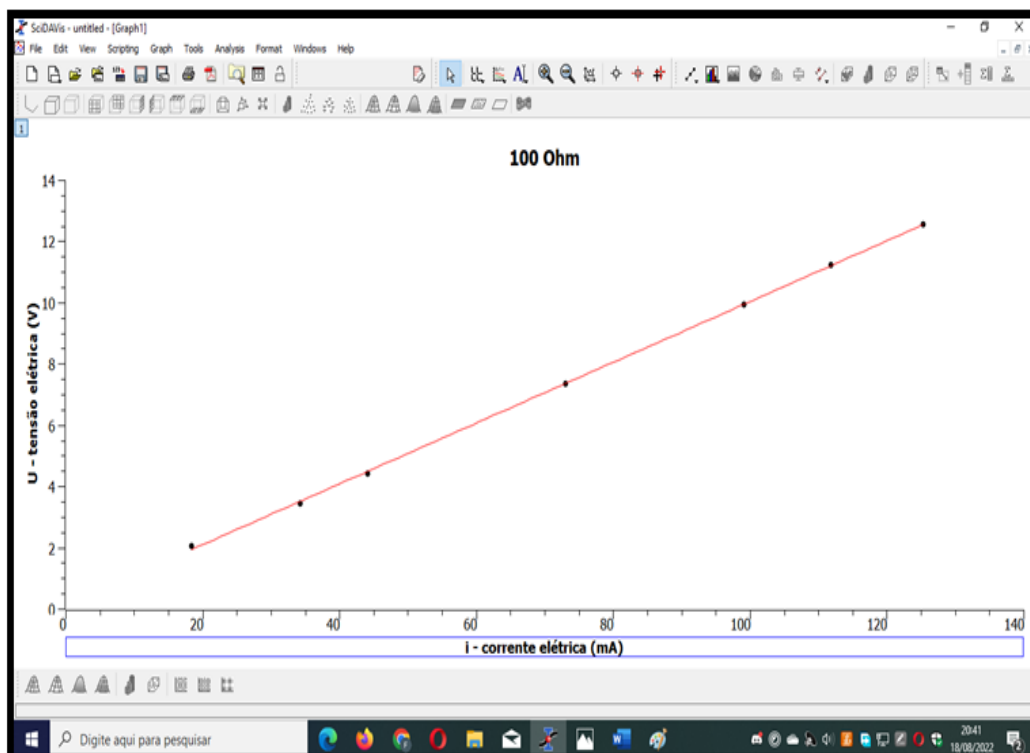
Figura 3.32 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

8º - Então o gráfico completo ficará disponível.

Figura 3.33 - Imagem fotográfica do aplicativo SciDavis



Fonte: arquivos do autor.

3.1.8 - Aula 08

Tema: Lei de Ohm por acesso remoto – PELOAR

Objetivo geral: Relacionar e os conceitos fundamentais do eletromagnetismo, e o domínio das ideias presentes na teoria científica, com o contexto social e o cotidiano dos alunos por meio do uso da tecnologia.

Objetivos específicos:

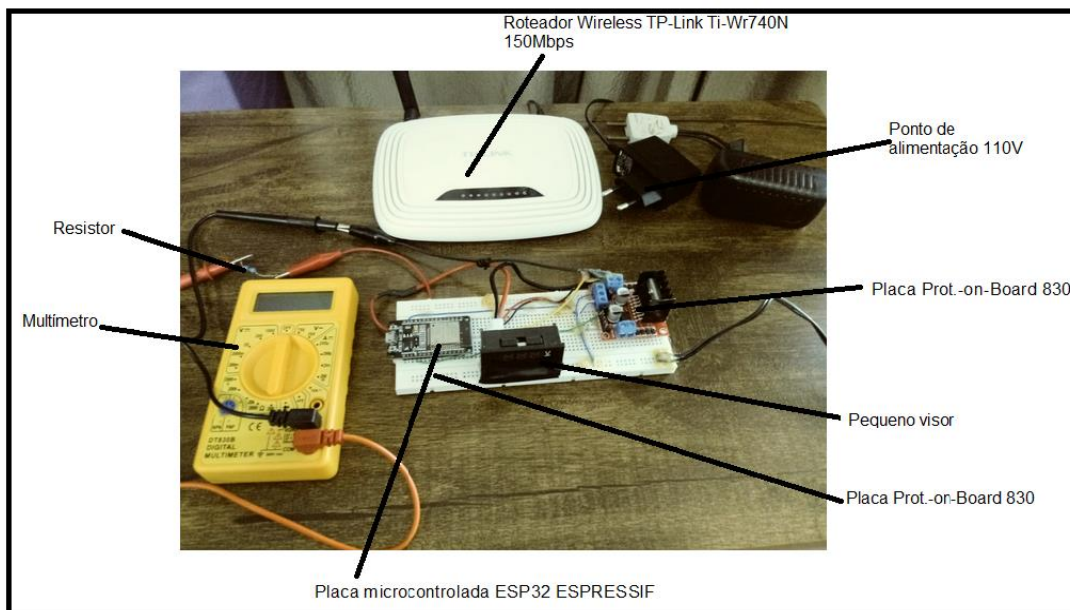
- Compreender a Lei de Ohm, por meio do acesso remoto
- Coletar de dados por meio do questionário avaliativo

Recursos: Aparato experimental (PELOAR), computador e celular. Questionário avaliativo.

Duração: 50 minutos

Encaminhamento: A aula será realizada no laboratório de Ciências, de forma que nos primeiros 10 minutos da referida aula, será realizada uma retomada de todo conteúdo trabalhado ao longo da aplicação da Sequência Didática. Dessa forma, será apresentado o “PELOAR” (**P**rotótipo **E**xperimental da **L**ei de **O**hm por **A**cesso **R**emoto), Figura 3.34, e seu funcionamento.

Figura 3.34 - Imagem fotográfica do aparato experimental “PELOAR” (Projeto Experimental da Lei de Ohm por Acesso Remoto) e seus componentes.



Fonte: arquivos do autor

Após apresentação, será explicado o que é e como funciona o aparato

experimental, em seguida o aluno receberá um código para ter acesso ao PELOAR. Uma vez tendo o acesso, o educando irá acionar o equipamento e realizar a coleta de dados de forma remota. Ele deverá registrar os dados obtidos no aparato (fornecido no visor) e comparar com os dados obtidos nas aulas anteriores de forma presencial com o uso do multímetro.

Logo após, será aplicado um questionário final, para tabular o conhecimento adquirido durante a aplicação da sequência didática para saber se houve melhora no aprendizado.

Questionário Final

01 - Quais são as cargas elétricas que você conhece? <i>R – Carga positiva e negativa</i>
02 - O que é um corpo eletrizado? <i>R – Um corpo eletricamente carregado, por falta de elétrons ou em excesso.</i>
03 - O que é corrente elétrica? <i>R – É o fluxo ordenado de portadores de cargas, que é motivado pela existência de um diferencial de potencial elétrico.</i>
04 - Qual é a função dos fios elétricos? <i>R – Conduzir os portadores de cargas elétricas.</i>
05 - Você conhece algum aparelho para medir corrente elétrica? <i>R – O multímetro</i>
06 - Quais são as unidades de medida de corrente, tensão e resistência elétrica? <i>R – Amper, volts e ohm</i>
07- Quais são os equipamentos de medição de corrente, tensão e resistência? <i>R – Multímetro, utilizando na escala de amperímetro, voltímetro e ohmímetro</i>
08 - O que você sabe sobre circuito elétrico? <i>R – São circuitos fechados, onde começa e termina no mesmo ponto.</i>
09 - Quais são os componentes de um circuito elétrico? <i>R – Fio, capacitor, lâmpadas, resistores, indutores, etc.</i>
10- A capacidade de um corpo qualquer de se opor à passagem de corrente elétrica é definida por: <i>R – Resistência</i>
11- Qual a função do resistor? <i>R – Se opor a passagem de corrente elétrica e o efeito joule, converter energia elétrica em térmica.</i>

12- Qual a tensão encontrada na rede elétrica da sua residência?

R – Tensão alternada e contínua

13 - Em um circuito elétrico com tensão constante é CORRETO afirmar:

- a) Quanto maior a resistência elétrica maior será a corrente circulante.
- b) Quanto menor a resistência elétrica maior será a corrente circulante.
- c) Quanto maior a resistência elétrica maior será a potência dissipada.**
- d) A corrente elétrica também será constante, independente da resistência do circuito.

14 - O que estabelece a primeira Lei de Ohm?

R - A resistência elétrica de um resistor ôhmico é constante e é dada pela razão da tensão aplicada pela corrente elétrica que o atravessa.

15 - O que acontece se aumentarmos a tensão em um circuito elétrico?

R – Aumenta o fluxo dos portadores de cargas, aumentando a corrente elétrica.

16 - Se você receber um multímetro e um resistor conectado numa fonte de tensão variável, como você faria para determinar a resistência elétrica do resistor?

R – Dividindo a tensão pela corrente elétrica

4 - PROTÓTIPO DO EXPERIMENTO PARA A LEI DE OHM EM ACESSO REMOTO (PELOAR)

Nesta seção será abordado o funcionamento do PELOAR (Protótipo Experimental da Lei de Ohm por Acesso Remoto), um aparato experimental que tem como finalidade o acesso remoto.

O PELOAR foi um protótipo pensado e elaborado com a finalidade de demonstrar ao educando que o conteúdo de Física não se restringe somente a sala de aula, pois os alunos estão inseridos em uma cultura tecnológica, fator potencialmente favorável para a experimentação remota, como processo de dinamização do ensino e aprendizagem.

Esse aparato experimental tem como alvo explicar para os educandos sobre circuitos elétricos e a lei de Ohm. Para o acesso do protótipo é necessário um código que será fornecido ao educando. Esse acesso pode ser realizado pelo computador ou até mesmo pelo celular. O PELOAR é constituído de: Placa microcontrolada (ESP32 ESPRESSIF) (Figura 4.1) com ligação WiFi que hospeda um pequeno servidor HTML, com a finalidade de controlar a tensão que será enviada para o resistor de forma remota pelo aluno por meio do celular ou computador.

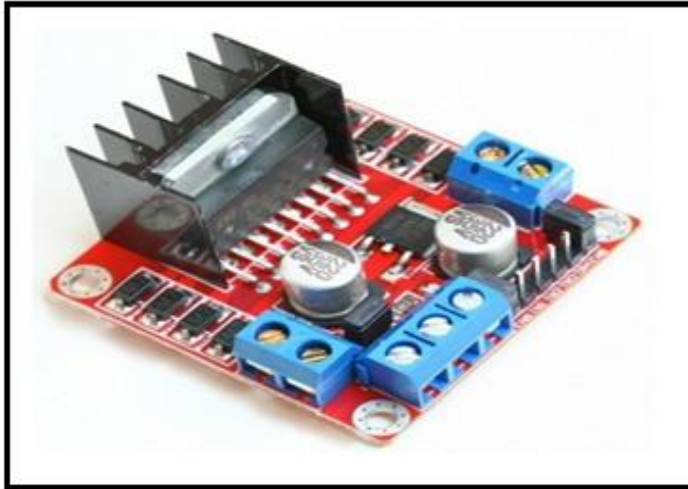
Figura 4.1- Imagem fotográfica da Placa microcontrolada ESP32 ESPRESSIF



Fonte: <https://athoselectronics.com/esp32/>

Ponte HL298 (Figura 4.2) muito usada em automação, com o intuito de interpretar o sinal analógico de 3,3 V do ESP32 e converter proporcionalmente para uma tensão maior, podendo chegar até 12 V e uma corrente de 2A;

Figura 4.2- Imagem fotográfica de uma Ponte HL298n



Fonte: <https://www.eletrogate.com/ponte-h-dupla-l298n>

Placa *Protoboard 830* (Figura 4.3) que corresponde a uma placa em formato matricial com 830 pontos de ligação, possibilitando a organização dos fios do circuito elétrico. Os pontos são conectados na longitudinal e possui números de identificação linha e coluna.

Figura 4.3- Imagem fotográfica de uma Placa Prot.-on-Board 830



Fonte: arquivos do autor.

Multímetro digital (Figura 4.4), com o objetivo de aferir a tensão na função voltímetro, deve ser conectado em paralelo no circuito. Esse é denominado de mini multímetro para diferenciar do outro multímetro que será utilizado (Figura 3.11).

Figura 4.4- Imagem fotográfica do pequeno visor, com o intuito de demonstrar a tensão estabelecida no circuito.



Fonte: <https://www.hobbyxhobby.com.br/mini-digital-voltmetro-ampermetro>

Multímetro digital DT – 830B (Figura 4.5) utilizado como recurso para medir corrente elétrica que está passando pelo circuito, sendo associado em série no circuito conforme explicado no Capítulo 2.

Figura 4.5- Imagem fotográfica de um multímetro digital.



Fonte: arquivos do autor.

Roteador de *WiFi* (Figura 4.6), é um dispositivo de rede que executa a função de um roteador de sinal de *internet*, mas também inclui as funções de um acesso a ponto. Ele é normalmente utilizado para criar um acesso para *Internet* ou uma rede de computadores sem a necessidade de cabos para conectá-los.

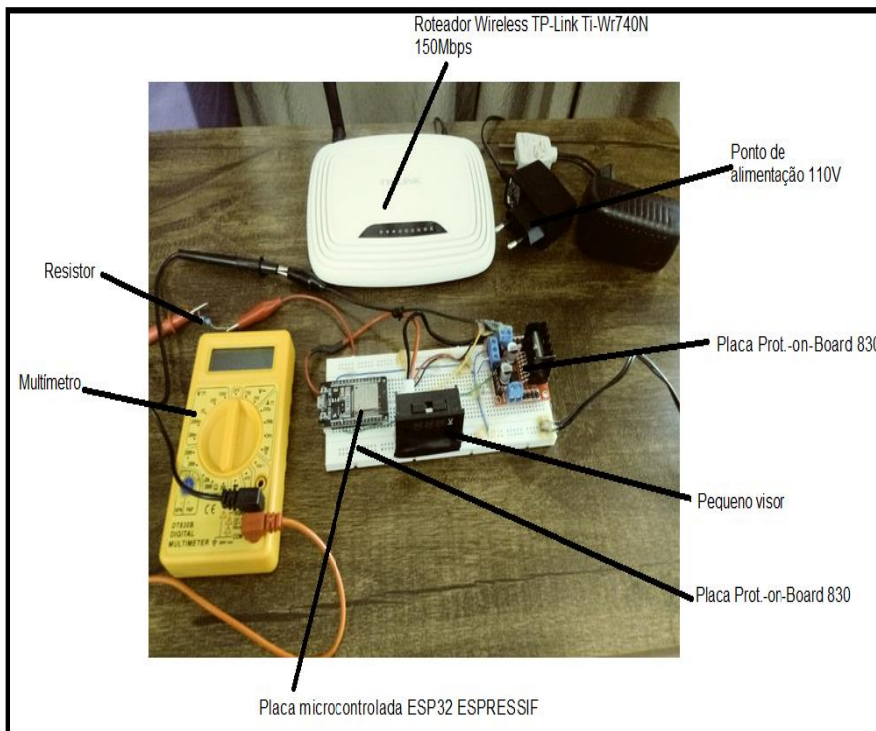
Figura 4.6 - Imagem fotográfica de um Roteador Wireless TP-Link Ti-Wr740N 150Mbps



Fonte: arquivos do autor.

A seguir é representado na Figura 4.7 o protótipo executado em sua forma física (Hardware).

Figura 4.7 - Imagem demonstrando o “PELOAR” (Protótipo Experimental da Lei de Ohm por Acesso Remoto)



Fonte: arquivos do autor.

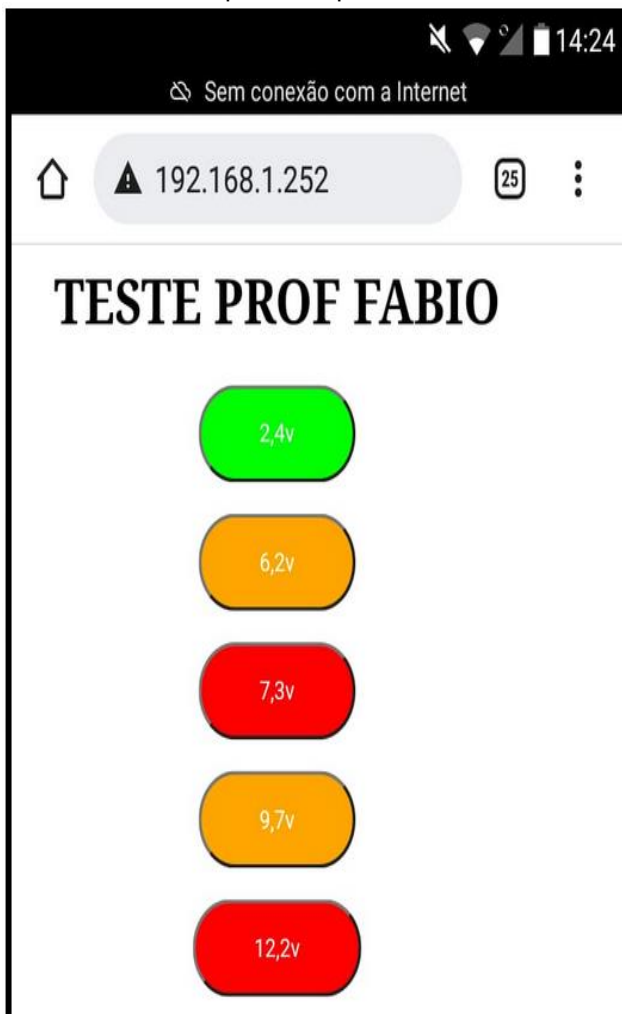
Sendo assim, para a utilização do PELOAR, é necessário o uso da rede de WiFi fornecida pelo roteador do respectivo aparato experimental através do celular e/ou pelo computador que irá gerar um código no momento da configuração de todo o conjunto, (192.168.1.252). Esse código deverá ser digitado no endereço eletrônico da

internet.

Porém, se o PELOAR estiver conectado a uma rede de WiFi ligado à internet, poderá ser acessado de forma remota de qualquer lugar no planeta, basta digitar o respectivo código e ele poderá ser operado.

Uma vez digitado o código acima, o operador será direcionado a tela descrita na figura 4.8:

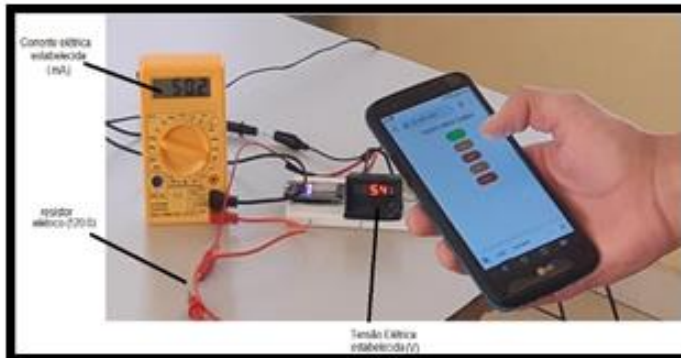
Figura 4.8 - Imagem demonstrando a tela manuseado do PELOAR, a qual demonstra as tensões estabelecidas no aparato experimental.



Fonte: arquivos do autor.

Sendo assim, quando estabelecida a tensão desejada, o pequeno visor demonstra a respectiva tensão e o multímetro, na função de amperímetro, vai ilustrar a intensidade da corrente no circuito, a qual será diretamente proporcional a tensão escolhida, uma vez que se mantém o mesmo resistor.

Figura 4.9 - Foto do PELOAR, em funcionamento, sendo manuseado por um aluno. Na foto o aluno está acionando a tensão 6.2V.



Fonte: arquivos do autor.

Sendo assim o educando, poderá observar e fazer a relação entre corrente e tensão elétrica, entendendo a lei de Ohm.

Montagem do aparato experimental:

Código Comentado:

Para realizar uma comunicação da rede, foi utilizada a biblioteca *WiFi.h* que possibilita definir as credenciais e endereçamento IPV4 do router com a placa de rede do Esp32.

Figura 4.10 - Imagem das Credenciais e endereçamento do ESP32.

```
#include <analogWrite.h>
#include <WiFi.h>

const char* ssid    = "FCM-2.4G";
const char* password = "25091980";

//DEFINIÇÃO DE IP FIXO PARA O NODEMCU
IPAddress ip(192,168,1,252); //COLOQUE UMA FAIXA DE IP DISPONÍVEL DO SEU ROTEADOR.
IPAddress gateway(192,168,1,1); //GATEWAY DE CONEXÃO (ALTERE PARA O GATEWAY DO SEU ROTEADOR)
IPAddress subnet(255,255,255,0); //MASCARA DE REDE

WiFiServer server(80);
```

Fonte: arquivos do autor.

O Esp32 Figura 4.1 possui um alto poder de processamento se comparado ao seu tamanho físico. Esse poder possibilita criar e hospedar pequenos servidores com

resposta http no dispositivo. Com um HTML simples para desenhar e codificar os botões, conseguimos realizar a hospedagem do código na memória do dispositivo.

Figura 4.11 - Imagem do 2 Código HTML da página web.

```

client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-type:text/html");
client.println();

client.println("<html>");
client.println("<head><meta content='\"width=device-width, initial-scale=1\"'>");
client.println("<style>html{ margin:0px auto; text-align: center;}");
client.println(".botao_baixa {background-color: #00FF00; color: white; padding: 15px 40px; border-radius: 25px;}");
client.println(".botao_media {background-color: #FFA500; color: white; padding: 15px 40px; border-radius: 25px;}");
client.println(".botao_alta {background-color: #FF0000; color: white; padding: 15px 40px; border-radius: 25px;}</style></head>");
client.println("<body><h1>TESTE PROF FABIO</h1>");

client.println("<p><a href='\"/1\"'><button class='\"botao_baixa\"'>2,4v</button></a></p>");
client.println("<p><a href='\"/2\"'><button class='\"botao_media\"'>6,2v</button></a></p>");
client.println("<p><a href='\"/3\"'><button class='\"botao_alta\"'>7,3v</button></a></p>");
client.println("<p><a href='\"/4\"'><button class='\"botao_media\"'>8,7v</button></a></p>");
client.println("<p><a href='\"/5\"'><button class='\"botao_alta\"'>12,2v</button></a></p>");

client.println("</body></html>");

```

Fonte: arquivos do autor.

Para realizar a saída de tensão pelo ESP32, foi necessário utilizar um recurso chamado escrita analógica, em que definimos um valor de 0 a 255 e quanto mais próximo de 255, mais potência a placa L298 fornece para o resistor.

Quando recebido um valor dos botões pressionados pelo aplicativo, o código emite um sinal analógico pelo pino analógico 2.

Figura 4.12 - Imagem da saída Analógica

```

if (currentLine.endsWith("GET /1")) {
  analogWrite(2 ,45);
}
if (currentLine.endsWith("GET /2")) {
  analogWrite(2 ,125);
}
if (currentLine.endsWith("GET /3")) {
  analogWrite(2 ,150);
}
if (currentLine.endsWith("GET /4")) {
  analogWrite(2 ,200);
}
if (currentLine.endsWith("GET /5")) {
  analogWrite(2 ,255);
}

```

Fonte: arquivos do autor.

Materiais necessários:

Esp32 Espressif
Prot-on-board 830 pinos
Ponte H L392
Fonte 12v 1 ampere
Multímetro DC
Cabos e conexões
Wifi Local

Esp32 Espressif: “Módulos Wi-Fi+Bluetooth/Bluetooth LE poderosos que visam uma ampla variedade de aplicativos AIoT, desde redes de sensores de baixo consumo até tarefas mais exigentes.”

[https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32\)](https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32)

Prot-On-Board 240 Pinos: “A Protoboard, também conhecida como placa de ensaio, matriz de contato ou breadboard (em inglês), é uma placa que permite a montagem e teste de circuitos sem a necessidade de soldar, apenas “espetando” os componentes na placa. Com isso, é possível montar um circuito que não conhecemos muito bem seu comportamento e efetuar diversos testes, tendo a liberdade de substituir os componentes da forma que desejar e só soldar o circuito em uma placa definitiva quando tudo estiver testado e funcionando perfeitamente.”

[https://www.ascomponentes.com.br/smartblog/8_protoboard.html\)](https://www.ascomponentes.com.br/smartblog/8_protoboard.html)

Ponte H – L398: “A ponte H é um arranjo, em forma de “H”, de chaves que serve para inverter e potencializar a polaridade de uma carga sem a necessidade de utilizar uma fonte simétrica. Tal arranjo é muito utilizado para acionamento de motores DC de modo bastante simples.”

[https://www.embarcados.com.br/ponte-h-bootstrap-acionamento-motores-dc/\)](https://www.embarcados.com.br/ponte-h-bootstrap-acionamento-motores-dc/)

Fonte 12v 1Ampere: Irá servir para gerar a alimentação de todo o circuito.

Multímetro DC: Necessário para aferir as correntes resistidas com a substituição dos resistores.

Cabos e conexões: Cabos de vários tamanhos e formas a fim de conectar a

placa Esp32 com seus respectivos módulos.

Wifi Local: Necessário para realizar a comunicação do Esp32 com o smartphone por meio da interface ipv4.

A título de completeza, na Tabela 4.1, são informados os valores dos principais dispositivos usados para a confecção do PELOAR.

Tabela 4.1 - Valores, em reais, dos dispositivos necessários para a montagem do protótipo do PELOAR. Cotação dos valores em 2021.

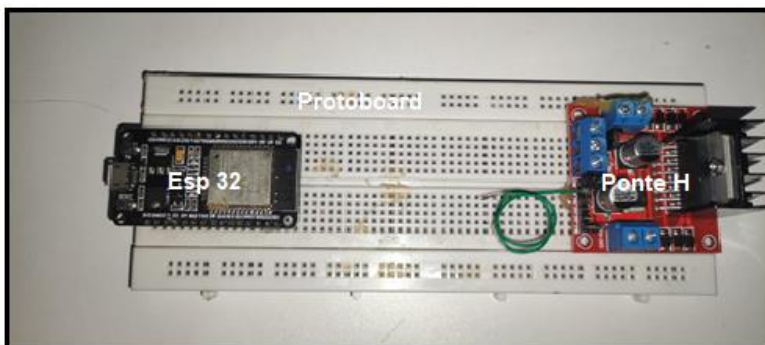
Dispositivos	VALORES
Esp32 ESPRESSIF	R\$ 46,74
Ponte H L298N	R\$ 28,26
Prot-On-Board	R\$ 22,89
Multímetro Digital	R\$ 48,24
Roteador Wireless TP-Link Ti- Wr740N 150Mbps	R\$ 58,00
Total	R\$ 204,13

Fonte: arquivos do autor.

Etapas da montagem:

1º - Fixar os pinos do Esp32 centralizados na protoboard, alocar a ponte H e o multímetro.

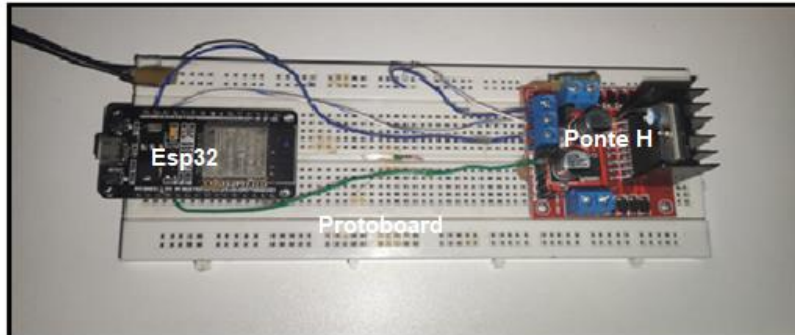
Figura 4.17: Imagem da montagem do protótipo



Fonte: arquivos do autor.

2º - Realizar as ligações de alimentação e comunicação da ponte H conforme indica o fabricante. (Os modelos sofrem variação dependendo da fabricante).

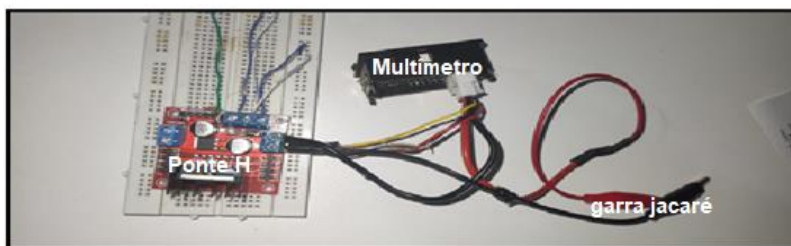
Figura 4.18: Imagem da montagem do protótipo



Fonte: arquivos do autor.

3º - Fazer a ligação do multímetro em série, de acordo com o modelo utilizado e com a necessidade de aferimento.

Figura 4.19: Imagem da montagem do protótipo



Fonte: arquivos do autor.

4º - Acionar a alimentação 12v e verificar se tensões de entrada e saída dos módulos são correspondentes ao recomendado.

5º - Compilar o código para o Esp32 e fazer a verificação de integridade do protótipo.

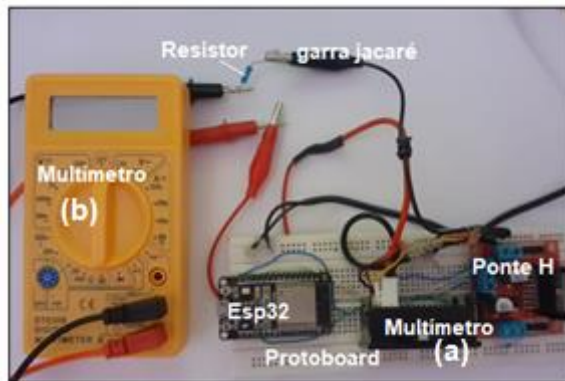
5.1 Verificação 1: Após configurado, o protótipo irá conectar no wifi configurado em código no Esp32 conforme mostra a imagem 1. Acessar o IP pré-definido e verificar se está havendo comunicação do protótipo com a rede e smartphone. Caso não ocorra, um dos prováveis problemas serão as credenciais incorretas inseridas no código.

5.2 Verificação 2: Após ter sucesso na comunicação HTTP do protótipo com o smartphone, fazer a verificação de tensão. Alterar os valores no aplicativo e aferir nos terminais a1 e a2 da ponte H I293 para verificar se correspondem ao esperado.

5.3 Verificação 3: Após passar nas duas etapas anteriores o protótipo estará pronto para ser usado. O pesquisador apenas deverá se atentar com os valores de resistor ou carga a serem aplicados na ponte H tendo em vista que uma abrupta queda de potência poderá danificar a placa ou qualquer outro componente.

Por motivo de PELOAR estar descalibrado, foi acoplado um multímetro (b) na função amperímetro no protótipo, conforme na Figura 4.19.

Figura 4.19- Imagem da montagem do protótipo



Fonte: o autor

Software implantado:

```
#include <analogWrite.h>
#include <WiFi.h>
const char* ssid = "FCM-2.4G";
const char* password = "25091980";
//DEFINIÇÃO DE IP FIXO PARA O NODEMCU
IPAddress ip(192,168,1,252); //COLOQUE UMA FAIXA DE
IP DISPONÍVEL DO SEU ROTEADOR.
IPAddress gateway(192,168,1,1); //GATEWAY DE
CONEXÃO (ALTERE PARA O GATEWAY DO SEU
ROTEADOR)
IPAddress subnet(255,255,255,0); //MASCARA DE REDE
WiFiServer server(80);
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(2, OUTPUT); // set the LED pin mode
  delay(10);
  // We start by connecting to a WiFi network
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);
  WiFi.config(ip, gateway, subnet); //implementado para IP
```

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected.");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
server.begin();
}
int value = 0;
void loop(){
  WiFiClient client = server.available(); // listen for incoming
clients
  if (client) { // if you get a client,
    Serial.println("New Client."); // print a message out the
serial port
    String currentLine = ""; // make a String to hold
incoming data from the cliente
    while (client.connected()) { // loop while the client's
connected
      if (client.available()) { // if there's bytes to read from
the client,
        char c = client.read(); // read a byte, then
        Serial.write(c); // print it out the serial monitor
        if (c == '\n') { // if the byte is a newline
character
          // if the current line is blank, you got two newline
characters in a row.
          // that's the end of the client HTTP request, so send a
response:
          if (currentLine.length() == 0) {
            // HTTP headers always start with a response code (e.g.
HTTP/1.1 200 OK)
            // and a content-type so the client knows what's
coming, then a blank line:
            client.println("HTTP/1.1 200 OK");
            client.rprintln("Content-type:text/html");
```

```
client.println();
// the content of the HTTP response follows the
header:
  client.println("<html>");
  client.println("<head><meta content='\"width=device-
width, initial-scale=1\">");
  client.println("<style>html{ magin:0px auto; text-
align: center;}");
  client.println(".botao_baixa {background-color:
#00FF00; color: white; padding: 15px 40px; border-radius:
25px;}");
  client.println(".botao_media {background-color:
#FFA500; color: white; padding: 15px 40px; border-radius:
25px;}");
  client.println(".botao_alta {background-color:
#FF0000; color: white; padding: 15px 40px; border-radius:
25px;}</style></head>");
  client.println("<body><h1>TESTE PROF
FABIO</h1>");
  client.println("<p><a href='\"/1\"><button
class='\"botao_baixa\">Tensao 1</button></a></p>");
  client.println("<p><a href='\"/2\"><button
class='\"botao_media\">Tensao 2</button></a></p>");
  client.println("<p><a href='\"/3\"><button
class='\"botao_alta\">Tensao 3</button></a></p>");
  client.println("<p><a href='\"/4\"><button
class='\"botao_media\">Tensao 4</button></a></p>");
  client.println("<p><a href='\"/5\"><button
class='\"botao_alta\">Tensao 5</button></a></p>");
  client.println("</body></html>");
// The HTTP response ends with another blank line:
  client.println();
// break out of the while loop:
  break;
} else { // if you got a newline, then clear currentLine:
  currentLine = "";
```

```
if (currentLine.endsWith("GET /1")) {
  analogWrite(2 ,45);
}
if (currentLine.endsWith("GET /2")) {
  analogWrite(2 ,125); // GET /L turns the LED
off
}
if (currentLine.endsWith("GET /3")) {
  analogWrite(2 ,150); // GET /L turns the LED
off
}
if (currentLine.endsWith("GET /4"))
{analogWrite(2 ,200); // GET /L turns the LED off }
if (currentLine.endsWith("GET /5"))
{analogWrite(2 ,300); // GET /L turns the LED of }
}
// close the connection:

client.stop();

Serial.println("Client Disconnected.");
```


5 - RESULTADOS ESPERADOS NA APLICAÇÃO DO PE

Através de um sistema de ensino semipresencial, utilizando aulas teóricas realizadas pelo *Google Meet* devido a pandemia do covid-19, aulas práticas foram realizadas no laboratório da instituição de ensino Reynaldo Massi, utilizando questionários no *Google Forms* atividades via *Google Meet*. Espera-se que demonstre resultados satisfatórios, pois quando aplicamos um novo conteúdo levando em consideração o conhecimento prévio de um aluno, como sugerido por David Ausubel, ensinamos e aprendemos ao mesmo tempo.

A proposta principal do projeto educacional **PELOAR** (Protótipo Experimental da Lei de Ohm por Acesso Remoto) é desenvolver um sistema de ensino que os alunos consigam compreender os conceitos dos princípios físicos inseridos em circuitos de CC e a Lei de Ohm, por meio de acesso remoto e aulas laboratoriais. Usando as respostas dos questionários realizados pelo sistema remoto de ensino e a construção dos circuitos pedidos nas aulas experimentais, conseguiu-se observar que a proposta de ensino obteve um resultado satisfatório, mostrando que grande parte dos alunos acertaram as respostas do questionário e todos conseguiram criar os circuitos pedidos nas aulas laboratoriais com sucesso.

Uma das propostas deste trabalho foi despertar nos alunos a alegria de aprender e perceber que a sala de aula não é apenas um lugar para a transferência de conteúdo, mas um local aberto para troca de conhecimentos mútuos. Foi com grande satisfação que durante as aulas práticas constatou-se que os alunos montaram com grande animação cada um dos circuitos, recorrendo sempre ao professor quando surgia alguma dúvida sobre a parte teórica do conteúdo abordado. Tal prática, dava-lhes o embasamento necessário para concluir com êxito a montagem do circuito solicitado na aula. Assim, foi possível verificar que, por meio do sistema híbrido, consegue-se despertar o interesse dos alunos na aprendizagem significativa, proposta por Zabala.

Dessa forma, o aluno, por meio das montagens dos circuitos e das manipulações dos aparelhos de medida das grandezas elétricas, em específico a resistência, a corrente e tensão elétrica, conseguem assimilar muito mais todo o conteúdo teórico ministrado pelo professor.

Espera-se, com a aplicação desse PE proposto, que o professor do Ensino Médio desperte em seus alunos de física o interesse na investigação de fenômenos elétricos e, indo mais além, desperte o entusiasmo em querer aprender a aprender física. Para isso, o professor precisa lembrar que o aluno não é uma tábua rasa, mas alguém que possui um conhecimento prévio e, a partir daí, é possível conduzi-lo a um novo conhecimento. Além disso, é necessário que o professor tenha uma sequência didática bem elaborada para conseguir, de maneira coerente e coesa, aplicar todo conteúdo necessário para alcançar os objetivos programados para cada uma das aulas.

Por fim, esperamos que o **PELOAR** seja também uma motivação para o surgimento de novos experimentos com manipulação remota que explorem a curiosidade dos alunos com o uso da tecnologia e que busquem a devida compreensão dos fenômenos da natureza, em especial dos fenômenos físicos.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P.; **Imagens de natureza, Imagens de ciência**, Papirus: São Paulo, 1998, p. 10
- ASSIS, A. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade** [s.l: s.n.], 2018.
- ARRUDA, Danilo Gomes. **Fundamentação Teórica no Ensino de Eletromagnetismo: uma revisão Literária em Periódicos Nacionais**. 2021. P. 6
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- BOMBARDE, Polyanna de Aguiar Romanini. **Física & Música: uma abordagem multidisciplinar da ondulatória com uso das tecnologias educacionais e experimento remoto**. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil, 2022
- BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 12 ed. São Paulo: Editora PEARSON, 2012.
- COELHO, Lincoln M., MARQUES, Adílio J., SOUZA Dominique G. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de História**. Revista Educação Pública, 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/31/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-e-o-ensino-de-historia>. Acesso em: 21/12/2022
- FERNANDES, PAULO R. G., **Notas de Aulas de Eletromagnetismo**. Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil, 2022.
- FERREIRA, M. **Lei de Coulomb**. Revista de Ciência Elementar, v.3, n.1, 2015, p.1-2.
- FREGONEZ, Marco Aurélio. **Atomística. Capítulo 1**. 08/2017.
- GRIFFITHS, D. J. **Introduction to Electrodynamics, 3 ed**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.
- HALLIDAY e R. RESNICK. **Física** (Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, v. 3, 3a ed, 1996.
- HALLIDAY e RESNICK. **Física 2 Vol 1**, Livros técnicos e científicos editora S.A, p.133, 135, 144-147, 1976.
- HALLIDAY, D., RESNICK R., WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Volume 3: Eletromagnetismo. Tradução BIASI, Ronaldo Sérgio. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- IENE, Douglas Rodrigo. **Sequência Didática sobre movimento com experimentação remota e simuladores**. Dissertação de Mestrado Profissional em

Ensino de Física (MNPEF), Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil, 2022

MITRE, S. M. et al. **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 13, n. 2, p. 2133-2144, 2008.

MOREIRA, Marcos Antônio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em 22 de nov. 2022.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica - Eletromagnetismo, Vol 3,** Editora Blucher, 1997.

NYE, M. J.; **Stud. Hist. Philos. Sci**, p. 7,246, 1976.

PELIZZARI, A; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel.** *Rev. PEC, Curitiba*, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2001/jul. 2002.

PURCELL E.M. **Electricity and Magnetism (Berkeley Physics Course 2)** (MacGraw-Hill, New York, 1965.

VALENTE, José Armando; BACICH Lilian e MORAN, José (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** Porto Alegre: Ed. Penso, 2018.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.. **Física. Eletromagnetismo.** 14 ed. São Paulo: Pearson, p. 51-55, 2016.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed Editora, p. 8 Artmed, 1998.