



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO
DE FÍSICA

PATRIKY SOUZA ROCHA

UMA ABORDAGEM *MAKER* PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

FORTALEZA

2024

PATRIKY SOUZA ROCHA

UMA ABORDAGEM *MAKER* PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Dissertação apresentada ao Curso de do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Wellyson de Alencar Sobreira.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R575a Rocha, Patriky Souza.

Uma abordagem maker para o ensino de circuitos elétricos / Patriky Rocha. – 2024.
85 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira.

1. Tinta Condutiva. 2. Eletrodinâmica. 3. Ensino de Física. 4. Teoria Sociointeracionista. 5. Ensino
Maker. I. Título.

CDD 530.07

PATRIKY SOUZA ROCHA

UMA ABORDAGEM *MAKER* PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Dissertação apresentada ao Curso de do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 21/11/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar
Sobreira (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Ceará (IFCE)

Aos meus pais que acreditaram em mim e batalharam para que eu pudesse estudar e chegar onde estou. A Grazielly Facundo e ao Fenando Wellysson e por me incentivarem a concluir este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará e ao corpo docente, que contribuíram com minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira, pela excelente orientação e seu grande apoio. Seu amor pela educação e a Física incentivava-me a ser um melhor profissional e tentar inspirar outros estudantes. Obrigado.

Aos meus colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

À Grazielly Facundo, por ter sido meu apoio incondicional durante boa parte desse mestrado, incentivando-me e auxiliando-me, sempre serei grato.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento - 001.

Ao Colégio São Raimundo pelo espaço e o suporte à aplicação do produto educacional.

Aos meus colegas de trabalho do Colégio Nossa Senhora das Graças, Paulo César, Wladimir, George e Leonardo por todos os conselhos, ensinamentos e sugestões.

RESUMO

Tendo em vista a dificuldade dos estudantes do ensino básico em assimilar conteúdos que necessitam de certo grau de abstração como o de eletricidade, este trabalho explora uma abordagem experimental para o Ensino de Eletricidade com enfoque em circuitos elétricos e resistores elétricos. Visando diminuir tal dificuldade, foi elaborada uma sequência didática envolvendo práticas experimentais sobre circuitos elétricos com a utilização de uma tinta condutora de eletricidade. A fabricação da tinta utiliza produtos que podem ser encontrados facilmente e com baixo custo. A produção dos circuitos, bem como a produção da tinta é feita de forma autônoma pelos estudantes. Essa metodologia, que traz uma abordagem “*maker*”, contribui para a construção de novos conhecimentos de forma criativa e colaborativa. Em paralelo a isso, foi utilizado um referencial teórico de ensino e aprendizagem baseado na teoria socio-interacionista de Lev Vygotsky. Nesse sentido, a proposta pedagógica inclui como produto educacional uma cartilha contendo instruções e métodos acerca da fabricação e utilização da tinta condutiva. Ademais, ela está separada em cinco práticas experimentais que abordam os assuntos de resistores, associação de resistores e instrumentos de medidas elétricas. Ao final de cada prática experimental e também no decorrer delas, foram elaborados questionários para auxiliar os professores a avaliar o processo de aprendizagem dos educandos. O produto educacional foi aplicado em uma turma do segundo ano do Ensino Médio em uma escola de ensino particular, localizada no município de Caucaia-CE. Participaram das aulas um total de 16 alunos. O local não possui laboratório de ciência, entretanto a aplicação foi adaptada para ocorrer em uma sala de aula convencional. Durante a aplicação foi observada uma forte interação social entre os educandos em que houve uma troca de experiências sobre conceitos físicos e suas ilustrações com a tinta, com isso criou-se um ambiente interativo e acolhedor no decorrer das práticas. Através das anotações feitas pelos estudantes, notou-se que eles tiveram uma visualização prática de conceitos teóricos, bem como o entendimento qualitativo de fenômenos físicos dos circuitos elétricos e portanto uma melhor compreensão dos conteúdos de circuitos elétricos.

Palavras-chave: tinta condutiva; eletrodinâmica; ensino de física; teoria sociointeracionista; *ensino maker*.

ABSTRACT

Given the difficulty that basic education students face in assimilating content that requires a certain level of abstraction, such as electricity, this work explores an experimental approach to the Teaching of Electricity with a focus on electrical circuits and resistors. Aiming to reduce this difficulty, a didactic sequence was developed involving experimental practices on electrical circuits using conductive ink. The ink is made with easily accessible and low-cost materials. The students autonomously produce both the circuits and the ink. This methodology, which introduces a “maker” approach, contributes to the construction of new knowledge in a creative and collaborative manner. In parallel, a theoretical teaching and learning framework based on Lev Vygotsky’s socio-interactionist theory was employed. As part of the pedagogical proposal, an educational booklet was created containing instructions and methods on how to make and use the conductive ink. Furthermore, it is divided into five experimental practices addressing topics such as resistors, resistor combinations, and electrical measuring instruments. At the end of each experiment, and throughout them, questionnaires were designed to help teachers assess the learning process of the students. The educational product was applied to a second-year high school class in a private school located in Caucaia-CE, with 16 students participating. The school did not have a science laboratory, but the application was adapted to take place in a regular classroom. During the application, strong social interaction was observed among the students, with the exchange of experiences about physical concepts and their illustrations using the ink, creating an interactive and welcoming environment throughout the practices. From the students’ notes, it was observed that they gained practical insight into theoretical concepts, as well as a qualitative understanding of the physical phenomena of electrical circuits, leading to a better comprehension of the content related to electrical circuits.

Keywords: conductive ink; electrodynamics; physics teaching; socio-interactionist theory; maker teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Campo elétrico externo aplicado em um fio condutor, representando um "circuito" aberto.	22
Figura 2 – Representação de um circuito simples fechado com o fluxo de elétrons livres com velocidade de arraste (\vec{v}_a). A seta mostra uma analogia para o que acontece dentro da bateria.	23
Figura 3 – Movimento de um elétron comparado à uma bola rolando para baixo de um plano inclinado e mudando a direção por causa das colisões contra os obstáculos.	25
Figura 4 – Físico alemão Georg Simon Ohm.	27
Figura 5 – Representação de um fio condutor com condutividade representado pela letra σ , Área de corte transversal (A) e comprimento (L).	28
Figura 6 – Resistores em série.	30
Figura 7 – Resistores em paralelo.	31
Figura 8 – Resistores mistos.	31
Figura 9 – a) Desenho de uma pilha comum. b) Simbologia do gerador elétrico. O maior traço representa o maior potencial (+) e o menor traço o menor potencial (-) estabelecendo uma diferença de potencial U nos terminais do gerador.	33
Figura 10 – Estrutura interna do LED.	33
Figura 11 – Campo elétrico interno E junto com a barreira de potencial de contato (eU).	34
Figura 12 – Multímetro DT-830D UNITY, equipamento de baixo custo podendo ser encontrado em qualquer loja de eletrônica. Observa-se as escalas e os aparelhos que integram o equipamento.	35
Figura 13 – Representação do circuito com o voltímetro ligado em paralelo.	35
Figura 14 – Representação do circuito com o amperímetro ligado em série.	36
Figura 15 – Representação do circuito interno de um ohmímetro. O resistor R_x possui resistência variável.	37
Figura 16 – Representação esquemática de uma ponte de Wheatstone.	37
Figura 17 – Esquema da Zona de Desenvolvimento Proximal.	44
Figura 18 – Local de aplicação do produto educacional.	49
Figura 19 – Materiais necessários para a produção da tinta condutiva e realização das práticas experimentais.	51

Figura 20 – Aluno colocando luvas para proteção para produzir a tinta condutiva.	52
Figura 21 – Utilização dos pincéis de cerdas sintéticas.	52
Figura 22 – Aluno apresentando seus desenhos e resultados para os colegas da turma. . .	55
Figura 23 – Aluno conectando a bateria ao circuito para acender um LED.	56
Figura 24 – Ligação do diodo emissor de luz em série feita pelos alunos.	58
Figura 25 – Ligação do diodo emissor de luz em paralelo feita pelos alunos.	58
Figura 26 – Ponte de Wheatstone construída por um aluno em que mostra a diferença de potencial nula.	59
Figura 27 – Aluno ajudando a construir e explicar o experimento.	60
Figura 28 – Desenhos com tinta condutiva utilizados para relacionar a resistência elétrica com as propriedades geométricas.	65
Figura 29 – Comentário do discente a respeito da resistência da tinta condutiva com um novo comprimento.	66
Figura 30 – Nota de um aluno sobre interação aluno-professor.	66
Figura 31 – Anotação experimental do discente.	66
Figura 32 – Notas sobre associações em série e paralelo de LED's.	67
Figura 33 – Notas sobre ponte de Wheatstone.	68
Figura 34 – Notas sobre ponte de Wheatstone com respostas do questionário.	68
Figura 35 – Respostas dos discentes à pergunta 1 do pós-teste.	69
Figura 36 – Respostas dos discentes à pergunta 2 do pós-teste.	71
Figura 37 – Anotação de um aluno sobre a prática experimental.	71
Figura 38 – Respostas dos discentes à pergunta 3 do pós-teste.	72
Figura 39 – Respostas dos discentes à pergunta 4 do pós-teste.	72
Figura 40 – Respostas dos discentes à pergunta 5 do pós-teste.	72
Figura 41 – Respostas dos discentes à pergunta 6 do pós-teste.	73
Figura 42 – Respostas dos discentes à pergunta 7 do pós-teste.	73
Figura 43 – Respostas dos discentes à pergunta 8 do pós-teste.	74
Figura 44 – Respostas dos discentes à pergunta 9 do pós-teste.	74
Figura 45 – Respostas dos discentes à pergunta 10 do pós-teste.	76
Figura 46 – Respostas dos discentes à pergunta 11 do pós-teste.	77
Figura 47 – Respostas dos discentes à pergunta 12 do pós-teste.	77
Figura 48 – Respostas dos discentes à pergunta 13 do pós-teste.	78

Figura 49 – Respostas dos discentes à pergunta 14 do pós-teste. 78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores das resistividade elétrica para diversos materiais à temperatura ambiente (20°C).	29
Tabela 2 – Coeficientes de temperatura da resistividade para diversos materiais à temperatura ambiente (20°C).	30
Tabela 3 – Questionário de pós-teste aplicado via <i>google forms</i> para avaliar a aplicação do produto educacional.	70
Tabela 4 – Questionário de pós-teste aplicado via <i>google forms</i> para avaliar a aplicação do produto educacional.	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO LITERÁRIA	19
2.1	Trabalhos do Mestrado profissional em ensino de Física	19
2.2	Trabalhos acadêmicos	20
2.3	Abordagem nos materiais de ensino médio	21
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA	22
3.1	Eletrodinâmica	22
3.2	Corrente elétrica	24
3.2.1	<i>As leis de Ohm</i>	26
3.3	Associação de resistores	30
3.4	Efeito Joule	31
3.5	Elementos de um circuito elétrico	32
3.5.1	<i>Geradores</i>	32
3.5.2	<i>Diodo emissor de luz</i>	32
3.6	Instrumentos de medidas elétricas	34
3.6.1	<i>Voltímetro</i>	34
3.6.2	<i>Amperímetro</i>	36
3.6.3	<i>Ohmímetro</i>	36
3.7	Ponte de Wheatstone	37
4	REFERENCIAL TEÓRICO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	39
4.1	O ensino de Física	39
4.2	A teoria da mediação de Vygotsky	41
4.3	O laboratório e a experimentação no ensino de Física	44
4.4	A Cultura “ <i>Maker</i> ”	46
5	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	48
5.1	Metodologia	48
5.2	Local de aplicação e público-alvo	48
5.3	Produção da tinta condutiva	49
5.4	Materiais necessários	50
5.5	Sequência didática	51

5.5.1	1° aula (1h/aula)	52
5.5.1.1	Conteúdo	52
5.5.1.2	Objetivos	53
5.5.1.3	Materiais	53
5.5.1.4	Descrição da aula	53
5.5.2	2° aula (1h/aula)	53
5.5.2.1	Conteúdo	53
5.5.2.2	Objetivos	53
5.5.2.3	Materiais	54
5.5.2.4	Descrição da aula	54
5.5.3	3° aula (2h/aula)	54
5.5.3.1	Conteúdo	54
5.5.3.2	Objetivos	55
5.5.3.3	Materiais	55
5.5.3.4	Descrição da aula	55
5.5.4	4° aula (1h/aula)	56
5.5.4.1	Conteúdo	56
5.5.4.2	Objetivos	57
5.5.4.3	Materiais	57
5.5.4.4	Descrição da aula	57
5.5.5	5° aula (1h/aula)	58
5.5.5.1	Conteúdo	58
5.5.5.2	Objetivos	58
5.5.5.3	Materiais	59
5.5.5.4	Descrição da aula	59
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
6.1	Análise do pré-teste	61
6.2	Resultados obtidos pelos alunos	64
6.3	Análise do pós-teste e pós-práticas	68
7	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	80

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA CONHECI- MENTOS PRÉVIOS DA TURMA	84
APÊNDICE B –PRODUTO EDUCACIONAL	85

1 INTRODUÇÃO

No atual contexto social e cultural do Brasil, observa-se uma dedicação maior na seguinte sequência didática: uma breve explanação da teoria, decorar equações e resolver exercícios. Isto deixa de lado o ensino por experimentação. Como dito por Moreira (2017), o ensino de ciências no atual século é um ensino para testagem, focado no treinamento em encontrar a resposta correta deixando de lado a interdisciplinariedade. Isso é devido à forma de ingresso nas universidades que é por vestibulares e em muitos casos as questões abordadas neles obrigam esta metodologia citada. Tal método obriga os estudantes a memorizarem conteúdos fazendo com que sejam treinados a resolverem questões e reproduzirem problemas semelhantes, tornando o conhecimento mais volátil e de fácil esquecimento.

Ele ainda propõe soluções para tal problemática, dentre elas destaco a busca pelo desenvolvimento de talentos em Física com o uso de aprendizagem ativa centrada no aluno (Moreira, 2017). Essa forma de ensino não abrange um público grande de alunos pois requer uma maturidade maior deles, ou seja, na maioria dos casos o estudo da Física, no ensino médio, se torna algo chato e cansativo. Moreira (2021) compartilha desse mesmo pensamento e ainda comenta que para solucionar este problema educacional, o ensino de Física deve ser focado em conceitos envolvendo situações que façam sentido e devem-se utilizar modelos científicos que sejam revisados a partir da experimentação.

Na atualidade, com o advento das redes sociais como por exemplo o *Tiktok*, todas as pessoas estão sujeitas a informações rápidas em vídeos curtos e cada dia que passa é dificultoso manter de 45 minutos a 50 minutos da atenção completa dos educandos. Até na utilização de recursos como *slides* animados, que abordem situações problemáticas atuais e curiosidades científicas não envolvem 100% da turma.

Um fato observado durante esses anos de experiência dentro de sala de aula é que novos ambientes, como por exemplo, laboratório de informática, quadra de esportes, laboratório de ciências motivam os estudantes a aprender física. Quando este fato se une à prática ativa dos estudantes é observada uma atenção maior deles durante as aulas, por isso muito se fala sobre metodologias ativas em que o aluno se torna protagonista do próprio aprender.

Por motivos como este, tem crescido nos últimos anos a “*Cultura Maker*” como metodologia de ensino. Ela tem base nos princípios da experimentação e do “faça você mesmo”, características que incentivam a criatividade, o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas. Apesar de não ter um currículo acadêmico específico, ela pode ser atrelada a

currículos escolares. Vários estudos mostram um ganho potencial de habilidades com o uso desta cultura (Paula *et al.*, 2021).

O objetivo do trabalho é apresentar uma forma de ensinar conceitos de eletrodinâmica utilizando de estratégias da cultura “*maker*” na qual o aluno constrói seus próprios circuitos elétricos com o uso de uma tinta condutora feita com grafite.

Para fazer isso, foi levado em conta o que é tratado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que indica competências e habilidades necessárias que devem ser trabalhadas na educação básica. Para cada uma das competências é descrita uma habilidade que permita:

[...] uma ampliação junto com a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (Brasil, 2018).

No ensino de eletrodinâmica observamos algumas habilidades expressas na BNCC que envolvem diretamente o trabalho apresentado. Há três competências específicas para o ensino de ciências da natureza que engloba os ensinamentos de Física, Química e Biologia. Para a primeira competência específica para o Ensino Médio:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (Brasil, 2018, p. 554).

Encontram-se três habilidades relacionadas com o produto educacional desenvolvido para este fim, são elas:

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (Brasil, 2018, p. 555).

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais (Brasil, 2018, p. 555).

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade (Brasil, 2018, p. 555).

Na segunda competência específica expressa na BNCC

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (Brasil, 2018, p. 556).

Podemos destacar a habilidade:

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências (Brasil, 2018, p. 557).

Por fim, na última competência tem-se:

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (Brasil, 2018, p. 559).

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental (Brasil, 2018, p. 559).

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano (Brasil, 2018, p. 559).

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais (Brasil, 2018, p. 560).

Por outro lado, tem-se os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) com orientações educacionais complementares na matéria Física que informam competências gerais para serem trabalhadas para seu ensino. Por exemplo:

Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física, por exemplo, nas informações em embalagens de produtos, reconhecer símbolos de massa ou volume; nas previsões climáticas, identificar temperaturas, pressão, índices pluviométricos; no volume de alto-falantes, reconhecer a intensidade sonora (dB); em estradas ou aparelhos: velocidades (m/s, km/h, rpm); em aparelhos elétricos, códigos como W, V ou A; em tabelas de alimentos, valores calóricos (Brasil, 2002, p. 7).

Ler e interpretar informações apresentadas em diferentes linguagens e representações (técnicas) como, por exemplo, um manual de instalação de equipamento, características de aparelhos eletrodomésticos, ou esquemas de montagem de móveis (Brasil, 2002, p. 8).

Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que

necessário, da linguagem física apropriada. Por exemplo, elaborar um relatório de pesquisa sobre vantagens e desvantagens do uso de gás como combustível automotivo, dimensionando a eficiência dos processos e custos de operação envolvidos (Brasil, 2002, p. 9).

Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. Assim, diante de um fenômeno envolvendo calor, identificar fontes, processos envolvidos e seus efeitos, reconhecendo variações de temperatura como indicadores relevantes (Brasil, 2002, p. 10).

Visto isso, as competências e habilidades gerais da BNCC e algumas competências específicas dos PCN's, reforçamos que o produto educacional desenvolvido neste trabalho está fortemente integrado às exigências nacionais para um avanço da educação.

O produto educacional desenvolvido neste trabalho foi aplicado em uma escola particular no município de Caucaia-CE. No primeiro momento foi aplicado um breve questionário para coletar conhecimentos prévios dos alunos, este questionário foi aplicado de forma remota pela plataforma *Google Forms*. Logo após foi desenvolvida uma sequência didática com cinco práticas experimentais, que podem ser encontradas na forma de uma cartilha, na qual se explora o uso de um diodo emissor de luz e uma tinta condutiva a base de grafite fabricada com materiais de baixo custo como ferramentas para o ensino de conceitos de eletrodinâmica.

As atividades experimentais foram elaboradas de forma a compreender maior parte dos conceitos de eletrodinâmica como circuitos elétricos, corrente elétrica, unidades de medidas, resistores elétricos, associações de resistores, leis de Ohm, instrumentos de medidas elétricas, geradores, potência elétrica e efeito Joule. Vale destacar que o aluno tem certa autonomia na produção de seus circuitos, ou seja, ele determina a posição dos LED's, tamanhos dos circuitos, interruptores, número de LED's, dentre outros.

Como referencial teórico pedagógico foi utilizada como base a teoria socio-construtivista de Vygotsky em que a interação social e cultural da turma foi fundamental para a construção de novos conceitos. Nisso, foram utilizados os instrumentos e signos adequados para tal objetivo. No final da sequência didática foi aplicado novamente um formulário, seguindo a Escala de Likert, para avaliar a aplicação do produto educacional e verificar possíveis ganhos pedagógicos.

A dissertação foi dividida em sete capítulos, neste primeiro capítulo de introdução foi feita uma motivação para este trabalho, bem como uma justificativa teórica da aplicabilidade educacional dele. No segundo capítulo é mostrada uma revisão bibliográfica de trabalhos relacionados a este e como ele pode se complementar os demais. No terceiro capítulo será apresentada uma fundamentação teórica acerca do conteúdo de Física abordado no produto educacional. Já no

capítulo quatro é feita uma discussão sobre o referencial teórico de ensino e aprendizagem, que inclui uma reflexão sobre o ensino atual de Física, o uso de teorias educacionais na elaboração de metodologias de ensino como o uso do laboratório e a experimentação.

Também no capítulo 4 foi discutida uma nova vertente educacional, chamada de Cultura “Maker”. No Capítulo 05 será comentado a metodologia utilizada, materiais e a sequência didática utilizada no produto com objetivos, conteúdo e materiais utilizados em cada aula. No penúltimo capítulo, o sexto, é discutido os resultados da pré e pós-práticas experimentais. Por fim, o capítulo final apresenta as conclusões do trabalho e seguido das referências utilizadas neste trabalho.

2 REVISÃO LITERÁRIA

Há diversos trabalhos correlacionados com o tema geral desta dissertação com diferentes metodologias e materiais. Isto mostra um engajamento de diversos autores com o ensino de eletrodinâmica e a importância de tornar a aprendizagem mais significativa. A revisão literária foi dividida em três partes: dissertações produzidas pelo Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), trabalhos em artigos científicos e livros didáticos utilizados no Ensino Médio.

2.1 Trabalhos do Mestrado profissional em ensino de Física

Em nível de dissertações é possível encontrar na literatura diversos trabalhos que tratam do ensino de eletrodinâmica no ensino médio. Neste tópico são analisadas algumas dissertações do MNPEF que foram produzidos na mesma temática do presente trabalho.

A experimentação está bastante presente em diversos trabalhos. Silva (2021) também utiliza diodo emissor de luz para fundamentar conceitos básicos de eletrodinâmica utilizando material de baixo custo. Ele faz uma sequência didática fundamentada em conceitos do construtivismo de Ausubel com algumas etapas que contêm experimentos quantitativos e qualitativos. Na visão do docente é necessário trabalhar o conceito de resistência elétrica que ainda é bastante abstrato para os alunos. Gonçalves (2018) também estrutura uma sequência didática, entretanto, ele monta circuitos elétricos reais em maior escala com fios, lâmpadas e interruptores.

No tocante à robótica educacional, que também faz parte da abordagem maker, Ferreira (2016) propõe a utilização de um Arduíno com equipamentos elétricos utilizando a metodologia de ensino por investigação para trabalhar os assuntos de resistores ôhmicos e não-ôhmicos. Como avaliação foram aplicados questionários e com esses métodos a autora conclui que o trabalho contribuiu no fortalecimento de conceitos físicos e que houve uma melhora na aprendizagem através do uso de novos recursos tecnológicos.

Em outro trabalho fundamentado nos conceitos do construcionismo de Papert, Tinoco (2024) propõe a construção de uma maquete de um sistema monofásico, bifásico e trifásico de distribuições de energia elétrica. Ela conclui que a experimentação e o movimento de “faça você mesmo” é fundamental para a aprendizagem.

destacamos a importância de uma abordagem tanto construcionista quanto construtivista, que valorizou a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento, permitindo-lhes explorar, experimentar e descobrir por si mesmos (Tinoco, 2024).

O uso de simulações computacionais também se encontra bastante presente no tema explorado neste trabalho. Com apoio de novas tecnologias educacionais, que se tornam mais eficiente a produção de novos conceitos, os autores Vieira (2015) e Rezende (2017), em trabalhos distintos, utilizam simuladores de circuitos virtuais para trabalharem associações de resistores. Enquanto Vieira utiliza o simulador PHET Colorado, Rezende constrói *softwares* em linguagem “Scratch” que trabalham variáveis como corrente elétrica e resistência elétrica. Já Sousa (2021) faz uso do *Tinkercad* para simular o uso do Arduíno e componentes elétricos como resistores e LEDs. Usando conceitos da aprendizagem significativa de Ausubel ela constrói, também com os princípios da abordagem maker, um simulador de semáforo utilizando LEDs, resistores e o Arduíno. Usando novas tecnologias ela observa um interesse e uma motivação maior dos estudantes, esta observação é praticamente unânime em todos os trabalhos analisados, o uso de novas ferramentas que “fogem” do cotidiano do aluno é potencialmente significativo para aprendizagem dos estudantes.

2.2 Trabalhos acadêmicos

Um trabalho bastante semelhante a este é usando grafite de lápis para o ensino de resistores elétricos. Rocha Filho *et al.* (2003) desenvolvem uma técnica para medir resistência equivalente de associações de resistores e também para verificar a segunda lei de Ohm. A diferença entre os trabalhos está no próprio material utilizado em que de um lado utiliza o grafite do lápis como condutor e do outro é produzido uma tinta feita de grafite que pode ser usada para o funcionamento de circuitos elétricos.

Os autores Carneiro *et al.* (2022) fizeram uma revisão sistemática da literatura sobre o ensino de eletrodinâmica e mostraram que, nos últimos anos, há um aumento na quantidade de pesquisa sobre o ensino de eletrodinâmica. Os conceitos e tópicos mais frequentes, na sua seleção dos periódicos nacionais, são: corrente elétrica, circuito simples, lei de ohm, associação de resistores, eletricidade, resistência elétrica, diferença de potencial, geradores e receptores e Leis de Kirchhoff.

O produto educacional apresentado trabalha a maioria desses temas com um único aparato experimental, a utilização de uma tinta condutiva. Também destaca que a maior abordagem didática entre os tópicos foi a prática experimental. Seguido também com uma sequência didática que é o método que pode contribuir para o ensino significativo de eletricidade como foi mostrado por Souza *et al.* (2020).

2.3 Abordagem nos materiais de ensino médio

Uma ótima referência, Tópicos de Física (Bôas, 2012), separa o assunto em quatro tópicos. Em alguns deles há partes de “faça você mesmo” que trás experimentos simples do tópico abordado. Por exemplo, após o assunto de associação de resistores há um passo a passo para a construção de um circuito simples em série no qual utiliza lâmpadas de lanterna, soquetes, fios, suporte de pilhas. Ademais, também existe outra prática de ponte de Wheatstone utilizando os mesmos materiais.

O produto produzido nesta dissertação também há estas duas práticas, porém utilizando outros tipos de materiais mais acessíveis e também mais diversidade nas associações de resistores. Nas novas edições do mesmo livro e autor foi observado que a parte da experimentação foi removida (Bôas, 2018). Mostrando que o produto educacional produzido pode ser um forte aliado a esses livros reconhecidos nacionalmente.

Analisando um dos volumes dos livros de Calçada e Sampaio (2012), Física clássica, apesar de uma boa teoria e de excelentes exercícios o livro não trás a experimentação e nem o “faça você mesmo” observado em outras fontes.

É possível ver um conjunto prática experimental no livro de Luz e Álvares (2013, p. 137). O primeiro experimento consiste em investigar a condutibilidade elétrica de algumas misturas, os materiais necessários para isso foram pilhas, fios, lâmpadas e uma vidraria. Já a segunda e a terceira são associações em série e em paralelo de pequenas lâmpadas (semelhantes ao Tópicos de Física).

Visto isso, percebe-se que o produto educacional produzido, com materiais fáceis de serem encontrados, complementa os diferentes livros didáticos de Ensino Médio ou até propõe uma abordagem mais lúdica do problema abordado em eletricidade podendo facilmente ser adaptado já que o “aparato” experimental depende da criatividade de alunos e professores.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA

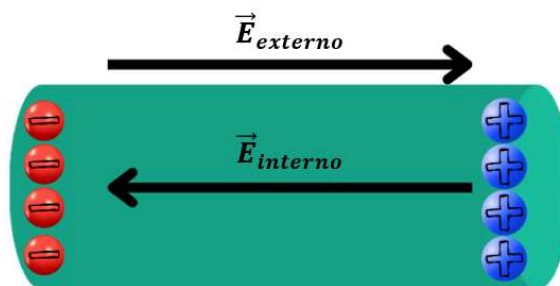
3.1 Eletrodinâmica

A matéria é feita de átomos e estes são compostos por partículas menores que são os prótons, nêutrons e elétrons, que podem ter carga elétrica ou não. Os elétrons estão o tempo todo orbitando o núcleo em uma região chamada de eletrosfera. Alguns materiais tem a capacidade de melhor conduzir a eletricidade, eles são chamados de condutores e a tendência é que eles adquiram o equilíbrio eletrostático.

Quando algum condutor é eletrizado e adquire um acúmulo de cargas livre, ou falta delas, em um curto intervalo de tempo, ficarão distribuídas na sua superfície, fazendo com que o campo elétrico interno seja nulo. Sabemos que para se estabelecer uma corrente elétrica (elétrons livres se movimentando de forma ordenada) é necessário que estas cargas estejam fora do equilíbrio eletrostático.

Uma forma de forçar a movimentação dos elétrons livres é aplicando um campo elétrico externo ao condutor. Porém, rapidamente, também é visto um equilíbrio eletrostático já que o campo elétrico externo ($\vec{E}_{externo}$) faz com que haja um acúmulo de cargas negativas em uma das extremidades do condutor, assim, surgindo um campo elétrico interno ($\vec{E}_{interno}$) contrário ao externo e de mesma intensidade sendo o campo resultante igual a zero como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Campo elétrico externo aplicado em um fio condutor, representando um "circuito" aberto.

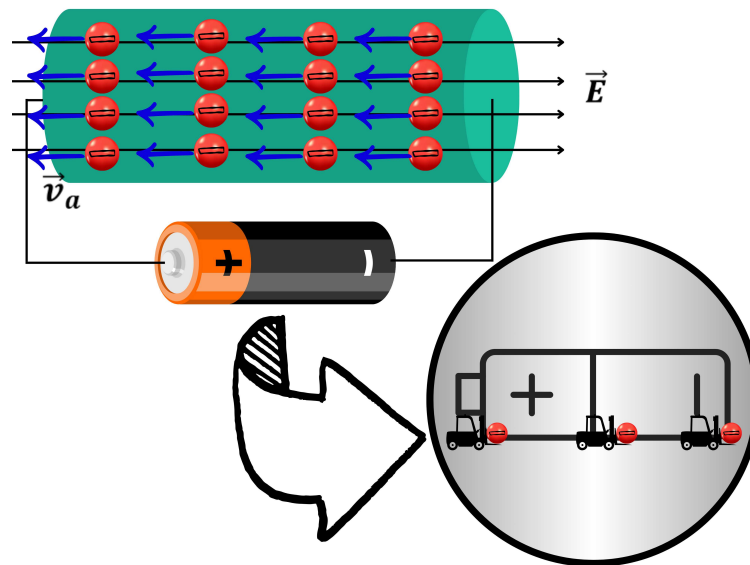


Fonte: elaborado pelo autor.

Para que haja um movimento contínuo de elétrons é necessário que algo retire os elétrons de uma extremidade e coloque na outra, isto é chamado de Força Eletromotriz (fem). Ela realiza um trabalho sobre as carga mantendo o fluxo de corrente elétrica, ou seja, retirando os elétrons de maior potencial e jogando para regiões de menor potencial. Observe que pela

Figura 2 os elétrons que estão atravessando o fio condutor vão naturalmente da região de menor potencial para a região de maior potencial contra o campo elétrico do fio. Como dito, dentro da bateria os elétrons precisam seguir um caminho não natural, portanto a *fem* realiza um trabalho através de reações químicas da pilha que está sendo representados por empilhadeiras carregando essas partículas de cargas negativas.

Figura 2 – Representação de um circuito simples fechado com o fluxo de elétrons livres com velocidade de arraste (\vec{v}_a). A seta mostra uma analogia para o que acontece dentro da bateria.



Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se definir a força eletromotriz (ε) por meio de uma integral que deve ser feita sobre todo o circuito fechado,

$$\varepsilon = \oint_C \vec{f}_{int} \cdot d\vec{l} \quad (3.1)$$

onde \vec{f}_{int} representa as forças internas à fonte de *fem* e que as forças internas fora dela é nula, resultando em uma nova integral

$$\varepsilon = \int_{\text{cátodo}}^{\text{ânodo}} \vec{f}_{int} \cdot d\vec{l}$$

para uma fonte ideal a força total dentro dela deve ser nula, pois as cargas são transferidas em equilíbrio e a força total por unidade de carga sobre elas é nula de tal forma tem-se que:

$$\varepsilon = - \int_{\text{cátodo}}^{\text{ânodo}} \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.2)$$

em que \vec{E} é o campo elétrico por unidade de carga no interior da fonte de *fem*. Portanto pela segunda lei de Maxwell na forma integral,

$$V(\vec{r}) = V(\vec{r}_{ref}) - \int_{\vec{r}}^{\vec{r}_{ref}} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

em que \vec{r} corresponde ao ânodo e \vec{r}_{ref} ao cátodo, teremos

$$V_{ânodo} - V_{cátodo} = - \int_{cátodo}^{ânodo} \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.3)$$

comparando as Equações 3.3 e 3.2, conclui-se que a força eletromotriz é numericamente igual a Diferença de Potencial (d.d.p.) entre os terminais (Equação 3.4).

$$V_{ânodo} - V_{cátodo} = \varepsilon \quad (3.4)$$

A força eletromotriz não é necessariamente uma força, ela tem a mesma unidade de diferença de potencial (volt) e também não é propriamente uma d.d.p., pois a *fem* produz ela (Machado, 2002). A força eletromotriz é característica da fonte, logo ela tem um certo valor de ε , caso a fonte seja ideal, a d.d.p. é a mesma que a *fem*. Se ela for um gerador real, a diferença de potencial reduzirá por conta de uma resistência interna da fonte de *fem*.

3.2 Corrente elétrica

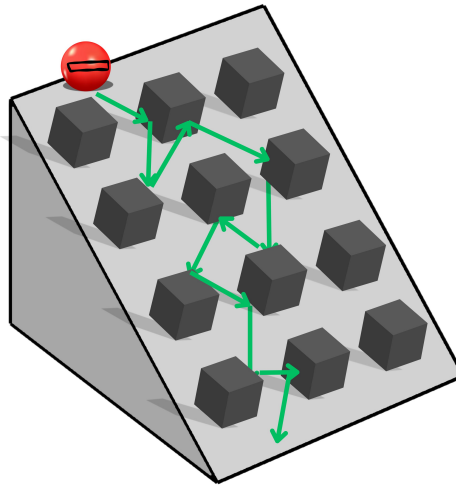
Como falado, a *fem* obriga as cargas elétricas, mais precisamente os elétrons livres, a se movimentarem sobre fio condutor, ou seja, que haja um fluxo de cargas, logo tem-se a “vazão” de cargas por unidade de tempo como definição de corrente elétrica.

$$i = \frac{dQ}{dt} \quad (3.5)$$

Percebe-se que a unidade de corrente elétrica é C/s (Coulomb por segundo) e para o Sistema Internacional (SI) é o ampère (A). Esse é uma unidade fundamental do SI. Por exemplo, para uma corrente de 1A, a secção do fio é atravessada a cada segundo por 1C de carga que equivale a uma quantidade de aproximadamente $6,2 \cdot 10^{18}$ elétrons. A movimentação se da pela velocidade de arraste (\vec{v}_a), Figura 2, das partículas que para um fio de cobre comum é da ordem de 10^{-4} metros por segundo, embora a velocidade seja bastante reduzida, a densidade significativa de cargas móveis permite que as partículas não precisem percorrer longas distâncias para gerar uma corrente elétrica considerável (Machado, 2002).

Este arraste pode ser explicado com base no trabalho e energia, o campo elétrico realiza um trabalho sobre as cargas que se deslocam. A energia cinética é transferida para o material por colisões com os íons, fazendo aumentar a temperatura média do material, por isso boa parte da energia vai para o aquecimento do condutor e não para acelerar os elétrons.

Figura 3 – Movimento de um elétron comparado à uma bola rolando para baixo de um plano inclinado e mudando a direção por causa das colisões contra os obstáculos.



Fonte: elaborado pelo autor.

Visto essa velocidade de arraste, pode-se expressar a corrente de outra forma, levando em conta a densidade de cargas elétricas. Se n partículas carregadas (q) em movimento de mesma velocidade de arraste com módulo (\vec{v}_a) atravessam um condutor com área transversal (A) em um intervalo de tempo dt , a quantidade total de carga que flui no condutor é dado por

$$dQ = nqv_aAdt \quad (3.6)$$

Com base na Equação 3.6, tem-se que a densidade de corrente elétrica é dada por

$$\vec{J} = nq\vec{v}_a \quad (3.7)$$

Perceba que ela está associada à corrente por unidade de área (A/m^2). Generalizando a expressão 3.7 a situações em que há diferentes grupos de portadores com velocidades diferentes. Os portadores de corrente podem ser de vários tipos: elétrons no metais ou íons positivos em descarga gasosas (Nussenzveig, 2017), então teremos:

$$\vec{J} = \sum_{i=1} n_i q_i \vec{v}_i \quad (3.8)$$

Portanto, em um corpo macroscópico neutro em movimento não há corrente elétrica porque as densidades de corrente associadas a cargas positivas e negativas se cancelam. Com as equações acima podemos encontrar um resultado interessante: a equação da continuidade.

A corrente total que atravessa uma superfície fechada delimitada por um volume V , temos o fluxo de densidade de corrente.

$$i = \oint_A \vec{J} \cdot \hat{n} dA$$

Usando o teorema do divergente, temos

$$\oint_A \vec{J} \cdot \hat{n} dA = \int_V \nabla \cdot \vec{J} dV$$

concluindo assim,

$$i = \int_V \nabla \cdot \vec{J} dV \quad (3.9)$$

A definição de corrente elétrica já mencionada (Equação 3.5) pode ser reescrita em termos da densidade volumétrica de cargas como

$$i = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV \quad (3.10)$$

Essa equação mostra que se a carga aumenta é porque houve uma corrente elétrica para dentro do volume e se ela sai a carga dentro do volume V diminui com o tempo. Logo, a Equação 3.9 representando a corrente que sai do volume, pode ser igualada à esta, adicionando um sinal de negativo. Portanto,

$$\int_V \nabla \cdot \vec{J} dV = -i = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV$$

Por fim, o integrando é nulo, pois o volume V é qualquer, temos a equação da continuidade

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{J} = 0 \quad (3.11)$$

3.2.1 As leis de Ohm

A densidade de corrente (\vec{J}) é proporcional ao campo elétrico, o fator proporcionalidade é chamado de resistividade, que será representado pela letra grega “rô” (ρ). É importante

lembrar que essa proporção acontece para certos materiais, em especial os metais, e para dada temperatura a razão permanece constante.

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (3.12)$$

A relação da Equação 3.12 é chamada de lei de Ohm. Essa lei foi descoberta no ano de 1826 pelo físico alemão Georg Simon Ohm (1787 - 1854) (Young; Freedman, 2015).

Figura 4 – Físico alemão Georg Simon Ohm.



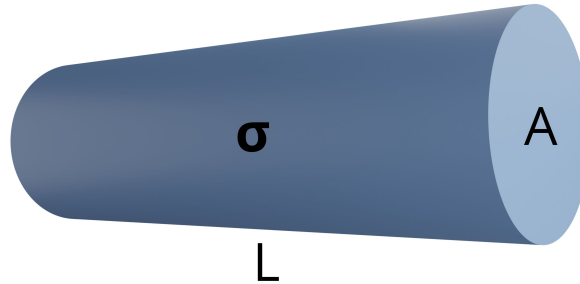
Fonte: Mactuto (2000).

Vamos supor que um resistor cilíndrico, cujo corte transversal tem área A e comprimento L e este material possui condutividade σ que é o inverso da resistividade (Figura 5).

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Se a diferença de potencial é constante e igual a U , qual será o valor de corrente elétrica que atravessa o condutor? Essa pergunta é simples de responder, basta aplicar a Equação 3.12 e ter consciência que o campo elétrico dentro do condutor é considerado uniforme, ou seja,

Figura 5 – Representação de um fio condutor com condutividade representado pela letra σ , Área de corte transversal (A) e comprimento (L).



Fonte: elaborado pelo autor.

$$U = EL \quad (3.13)$$

portanto,

$$i = JA = \sigma EA = \frac{\sigma AU}{L}, \quad (3.14)$$

a corrente é proporcional à diferença de potencial, logo, pode-se reescrever a equação de Ohm da seguinte forma e bem mais conhecida,

$$U = Ri \quad (3.15)$$

em que R é chamado de resistência elétrica e é uma função da geometria do arranjo e da condutividade do meio (Griffiths, 2013). No exemplo acima, $R = L/\sigma A$ é medida em ohms (Ω) que um ohm significa um volt por ampère, ou também pode ser escrita em função da resistividade (ρ):

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.16)$$

A Tabela 1 mostra a resistividade para alguns materiais condutores, semicondutores e isolantes. Perceba que quanto maior a resistividade menor será a condutividade, ou seja, os materiais isolantes possuem alta resistividade.

Tabela 1 – Valores das resistividade elétrica para diversos materiais à temperatura ambiente (20°C).

Substância		ρ ($\Omega \cdot m$)	Substância	ρ ($\Omega \cdot m$)
Condutores			Semicondutores	
Metais	Prata	$1,47 \times 10^{-8}$	Carbono puro (grafite)	$3,5 \times 10^{-5}$
	Cobre	$1,72 \times 10^{-8}$	Germânio puro	0,60
	Ouro	$2,44 \times 10^{-8}$	Silício puro	2,300
	Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$	Isolantes	
	Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$	Âmbar	5×10^{14}
	Aço	20×10^{-8}	Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
	Chumbo	22×10^{-8}	Lucita	$> 10^{13}$
	Mercúrio	95×10^{-8}	Mica	$10^{11} - 10^{15}$
	Ligas	Manganina (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%)	44×10^{-8}	Quartzo (fundido)
Constantan (Cu 60%, Ni 40%)		49×10^{-8}	Enxofre	10^{15}
Nicromo		100×10^{-8}	Teflon®	$> 10^{13} - 10^{15}$
			Madeira	$10^8 - 10^{11}$

Fonte: Young; Freedman (2015).

O carbono puro (grafite) é um material semicondutor, ou seja, tem a resistividade intermediária entre condutores e isolantes. Eles são materiais que variam sua resistividade com a temperatura, sendo portanto um material não-linear, estes são chamados de resistores não-ôhmicos. A próxima equação mostra a relação da resistividade com a temperatura para pequenos intervalos de temperatura.

$$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)], \quad (3.17)$$

na qual que α é o coeficiente de temperatura para a resistividade. A Tabela 2 mostra este coeficiente para diferentes materiais.

O coeficiente de temperatura para o grafite é negativo isso implica que sua resistividade diminui quando a temperatura aumenta. O grafite é um material não metálico, então em temperaturas mais elevadas muitos elétrons se soltam dos átomos e adquirem maior mobilidade (Young; Freedman, 2015).

Tabela 2 – Coeficientes de temperatura da resistividade para diversos materiais à temperatura ambiente (20°C).

Material	α [°C ⁻¹]	Material	α [°C ⁻¹]
Alumínio	0,0039	Chumbo	0,0043
Latão	0,0020	Manganina	0,0000
Carbono (grafite)	-0,0005	Mercúrio	0,00088
Constantan	0,00001	Nicromo	0,0004
Cobre	0,00393	Prata	0,0038
Ferro	0,0050	Tungstênio	0,0045

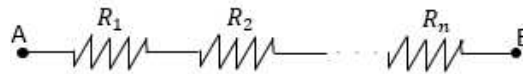
Fonte: Young; Freedman (2015).

3.3 Associação de resistores

Os circuitos elétricos são complexos e possuem vários componentes, dentre eles, os resistores. Pode haver vários resistores associados em um circuito e que podem ser substituídos por um único resistor com uma resistência equivalente. Os resistores podem ser associados em série ou em paralelo ou em uma associação mista.

Na associação em série, os resistores são ligados em sequência e há um único caminho para a corrente elétrica, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Resistores em série.



Fonte: elaborado pelo autor.

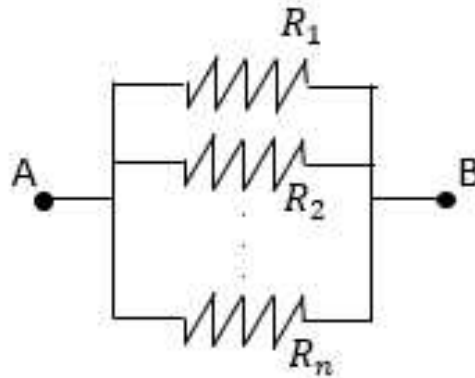
Cada resistor reduz um certo valor de potencial elétrico, essa redução depende do valor da resistência elétrica dele, de tal forma que a soma das reduções têm que dá o valor da *ddp* da bateria. Portanto, a resistência equivalente na associação em série, é simplesmente a soma de todos os resistores, mostrando que a resistência equivalente final é maior que qualquer uma das resistências individuais. Em uma associação com n resistores:

$$R_{eq} = \sum_{i=1,}^n R_i \quad (3.18)$$

Na associação em paralelo (Figura 7), todos os resistores possuem a mesma diferença de potencial.

A soma de todas as correntes elétricas que percorrem os n resistores associados em paralelos deve ser igual a corrente total do circuito. Com isso, encontra-se que a resistência

Figura 7 – Resistores em paralelo.



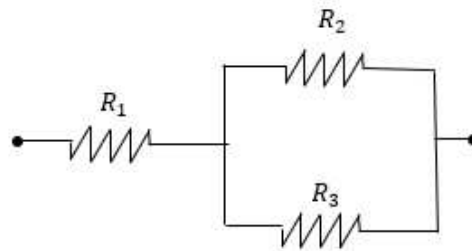
Fonte: elaborado pelo autor.

equivalente de n resistores associados em paralelo é:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (3.19)$$

Percebe-se que a resistência equivalente final é menor que qualquer uma das resistências individuais. Ainda é possível ter uma associação mista, onde há diversos resistores associados em série e em paralelo como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Resistores mistos.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 Efeito Joule

Para manter a movimentação dos elétrons é preciso fornecer uma energia,

$$dW = dqU$$

em que U é a diferença de potencial, dq é o elemento infinitesimal de carga e dW é o trabalho fornecido. Substituindo a Equação 3.5 tem-se:

$$\frac{dW}{dt} = iU = P \quad (3.20)$$

que corresponde a potência elétrica. Para uma corrente elétrica atravessando um trecho dl de um condutor com área de secção A , em que há uma queda de potencial dU , temos

$$dP = i \frac{dU}{dl} dl = JAdl \cdot E = \vec{J} \cdot \vec{E} dv$$

com isso obtém-se a densidade de potência, potência por unidade de volume, como sendo

$$\frac{dP}{dv} = \vec{J} \cdot \vec{E} \quad (3.21)$$

Essa potência é dissipada na forma de calor e este processo é chamado de efeito Joule. Como discutido, a movimentação das partículas no interior do material faz com que ele aqueça por conta das colisões sucessivas dos elétrons com os átomos da rede cristalina do sólido. Em termos da resistência elétrica R , a Equação 3.20 pode ser reescrita como

$$P = Ri^2 = \frac{U^2}{R} \quad (3.22)$$

3.5 Elementos de um circuito elétrico

3.5.1 Geradores

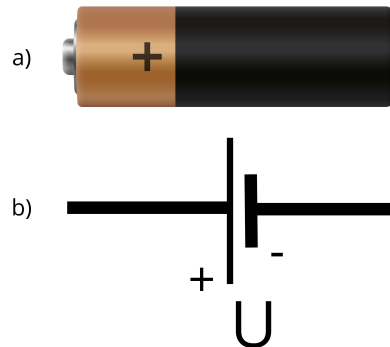
Geradores são componentes de circuitos elétricos que convertem energia não-elétrica em energia elétrica estabelecendo uma diferença de potencial. Exemplos de geradores comuns são: pilhas, baterias e usinas elétricas. Sua simbologia pode ser representada pela Figura 9.

3.5.2 Diodo emissor de luz

O diodo emissor de luz, mais conhecido como Light Emitting Diode (LED) é um dispositivo que converte energia elétrica em radiação que pode pertencer ao espectro visível ou infravermelho da luz como mostra a Figura 10.

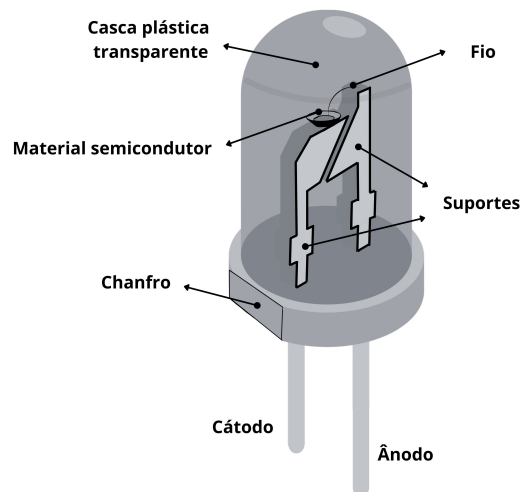
A estrutura do LED é uma transição elétron-buraco e os materiais são escolhidos de tal forma que os elétrons livres na região-N (região com excesso de elétrons) possuem menor

Figura 9 – a) Desenho de uma pilha comum. b) Simbologia do gerador elétrico. O maior traço representa o maior potencial (+) e o menor traço o menor potencial (-) estabelecendo uma diferença de potencial U nos terminais do gerador.



Fonte: elaborado pelo autor.

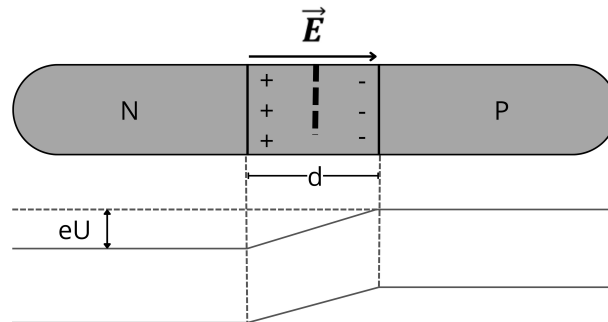
Figura 10 – Estrutura interna do LED.



Fonte: elaborado pelo autor.

energia que na região-P (região com falta de elétrons). Para a transição é necessário superar uma barreira de potencial, representada pela Figura 11, com uma diferença de potencial polarizada que faz com que a espessura d da barreira tenda a zero e a corrente elétrica cresça. A limitação dela é pela resistência elétrica do diodo semicondutor, que é geralmente o arseneto de gálio. Pode-se realizar dopagens, ou seja, colocar impurezas, para mudar a cor do LED (Oliveira *et al.*, 2020).

Figura 11 – Campo elétrico interno E junto com a barreira de potencial de contato (eU).



Fonte: elaborado pelo autor.

3.6 Instrumentos de medidas elétricas

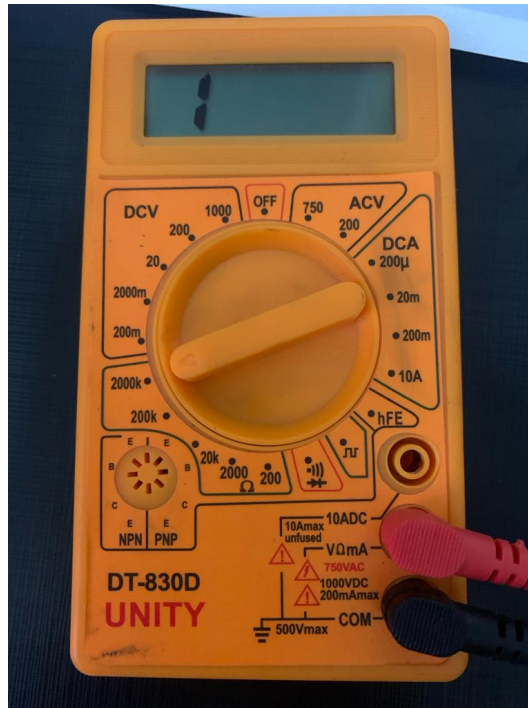
O multímetro é um instrumento de medida elétrica que possui várias funções acopladas em um só aparelho, como por exemplo o voltímetro e o ohmímetro. O acesso a este aparelho está acessível, visto que, pode ser encontrado com um preço de vinte reais (20,00R\$) na internet. No mercado encontra-se os dois tipos de multímetro, analógico e o digital, sendo esse o mais barato. Vários profissionais utilizam o multímetro no mercado de trabalho, eletricitas, técnicos em eletrônicos, mecânicos e etc. Ele é útil, pois pode-se realizar medidas de diferença de potencial, testar componentes elétricos, medidas de corrente elétrica, dentre outros.

A Figura 12 mostra o multímetro da marca UNITY modelo DT-830D, que é o mais barato que se encontra no mercado. No painel central há uma chave rotatória que serve selecionar a função, três furos no canto inferior direito para colocar os cabos (um preto e um vermelho) conhecidos como pontas de provas. Este multímetro será utilizado na nossa prática de forma qualitativa, ou seja, o intuito não é fazer medidas precisas a cerca de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica, porém perceber as relações físicas dos circuitos elétricos.

3.6.1 Voltímetro

O voltímetro é um galvanômetro básico e que serve para medir diferença de potencial entre dois pontos. Um voltímetro considerado ideal deveria possuir uma resistência infinita para que, quando conectado entre os dois pontos, não influencie na corrente elétrica do circuito. No caso desses voltímetros reais a resistência é finita e muito elevada. Quando se quer medir a diferença de potencial com um voltímetro deve-se ligá-lo em paralelo ao circuito, observe a

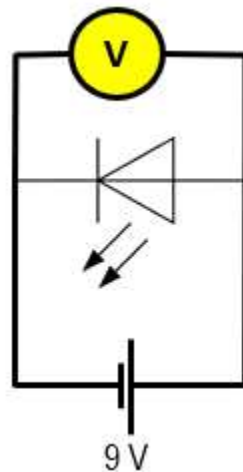
Figura 12 – Multímetro DT-830D UNITY, equipamento de baixo custo podendo ser encontrado em qualquer loja de eletrônica. Observa-se as escalas e os aparelhos que integram o equipamento.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura . Usar o voltímetro em escalas superiores torna a medida menos precisa.

Figura 13 – Representação do circuito com o voltímetro ligado em paralelo.

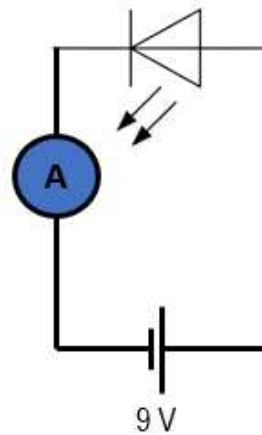


Fonte: elaborado pelo autor.

3.6.2 Amperímetro

Este aparelho de medida elétrica irá medir a corrente elétrica que passa por ele. Um amperímetro ideal deveria ter resistência elétrica zero, de tal forma que, quando conectado no circuito não cause uma mudança na corrente elétrica do circuito. Para o amperímetro usado na prática, um real, a resistência elétrica é finita, porém com um valor mais pequeno possível. Ele deverá ser ligado em série a um circuito, no ramo que se deseja medir a corrente como indicado na Figura 14. Assim como o voltímetro, usar um amperímetro numa escala maior torna a medida menos precisa

Figura 14 – Representação do circuito com o amperímetro ligado em série.

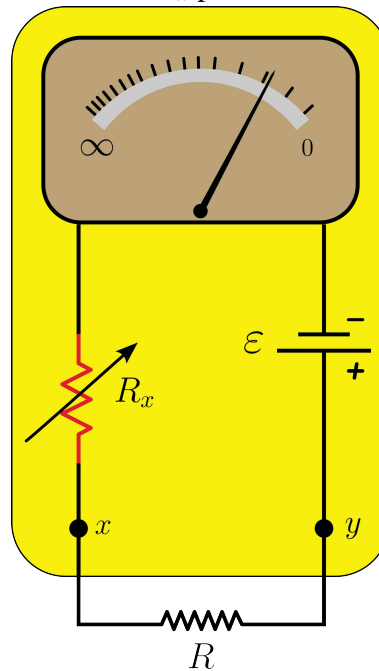


Fonte: elaborado pelo autor.

3.6.3 Ohmímetro

Este aparelho obtém a medida de resistência elétrica de um resistor. Ele trata-se de um galvanômetro ligado em série com um resistor e com uma fonte de tensão (bateria do próprio aparelho) (Young; Freedman, 2015). O ohmímetro é uma combinação do amperímetro e do voltímetro, com essas duas leituras é possível determinar a resistência elétrica, como já explicado anteriormente. Para isto, dentro do equipamento há uma resistência variável que poderá ser ajustada até que os potenciais x e y se tornem iguais (Figura 15) para que o galvanômetro sofra uma deflexão completa em sua escala.

Figura 15 – Representação do circuito interno de um ohmímetro. O resistor R_x possui resistência variável.

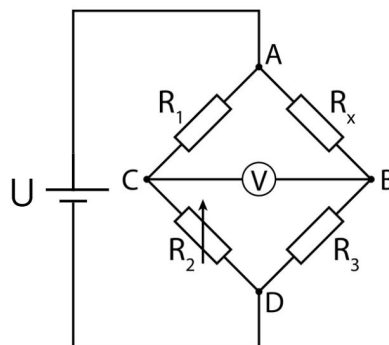


Fonte: elaborado pelo autor.

3.7 Ponte de Wheatstone

A ponte de Wheatstone, idealizada pelo físico inglês Charles Wheatstone, é uma associação de quatro resistores representada na Figura 16. Ela serve para determinar uma resistência elétrica desconhecida (R_x) de forma experimental. Para isso é posicionado um resistor com resistência elétrica variável, representado na figura como R_2 , posicionando um voltímetro entre os pontos B e C, pode-se variar R_2 a fim de o voltímetro indicar um valor zero em sua leitura.

Figura 16 – Representação esquemática de uma ponte de Wheatstone.



Fonte: elaborado pelo autor.

Quando isso acontece, os potenciais dos pontos B e C são idênticos e a ponte está em equilíbrio. É fácil perceber que quando o equilíbrio ocorre os produtos das resistências de ramos opostos são idênticos.

$$R_1 R_3 = R_2 R_x \quad (3.23)$$

4 REFERENCIAL TEÓRICO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

4.1 O ensino de Física

Muito se discute como ensinar Física, ou seja, quais as melhores metodologias para suprir as dificuldades adquiridas pelos estudantes ao longo dos anos, principalmente em um mundo pós-pandemia. A atualização da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) trouxe competências e habilidades para serem trabalhadas durante todo o desenvolvimento do aluno do ensino fundamental ao ensino médio. A BNCC trás as unidades temáticas que são: Matéria e Energia, Terra e Universo e vida e evolução. É possível notar que a partir do primeiro ano do ensino fundamental já é trazido conteúdos de Física nas unidades temáticas.

Em paralelo à isto tem-se as orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares (PCN+) de Física. Segundo ela o objetivo da presença da Física no ensino médio é construir uma visão dela que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, participar na realidade e intervir (Brasil, 2002).

Ainda sobre esses parâmetros, eles selecionam os conhecimentos que serão ensinados em termos considerados centrais, delimitando os conteúdos de Mecânica, Ótica, Eletromagnetismo e Termologia. Moreira critica esses tópicos de ensino que não passa do século XIX, na sua visão o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados (Moreira, 2017). Para ele a inserção de tópicos tão atuais nas escolas com material previamente preparado, pode reconstruir a auto-estima de vários alunos que perderam o encanto pela Física (Ostermann; Moreira, 2001).

A escola está resumida para treinar para provas é uma aprendizagem mecânica, modelo mais tradicional, que é aquela memorística, que não há significado, sem a capacidade de explicar, somente reproduzir. Ou seja, predomina uma educação “bancária”, termo mencionado por Paulo Freire na Pedagogia do oprimido para dizer que a educação é o ato de depositar, transferir conhecimentos e valores (Freire, 1988). Ela é uma educação que anula ou diminui o poder criativo dos alunos, estimulando em sua ingenuidade em vez de promover a criticidade. Na visão de Freire:

Na concepção bancária cabe à educação apassivar ainda mais os sujeitos que já são seres passivos, adaptando-os ao mundo. Quanto mais adaptados, tanto mais educados (Freire, 1988).

Em oposição a isso, há a criticidade, uma visão crítica do educando é fundamental para a libertação do estudo sem significados. Na educação dialógica de Freire, estudar requer uma busca entre conteúdos e aspectos sociais e culturais do conhecimento. Nela o educando deve questionar (perguntar).

O ato de perguntar está ligado ao ato de existir, de ser, de estudar, de investigar de conhecer (Freire, 1988).

Vários profissionais buscam melhorias nas práticas pedagógicas, com uso de metodologias de ensino que possa possibilitar uma melhor formação social dos alunos. Para o caso da eletrodinâmica são vários os trabalhos que buscam formas de como ensinar este assunto. Carneiro *et al.* (2022) selecionaram 24 artigos entre 2009 e 2019, a maioria com uso de abordagens quantitativas e diversas metodologias. A ferramenta didática que mais foi utilizada foi a implementação de práticas experimentais com destaque aquelas que utilizam materiais simples e de baixo custo.

Essas ferramentas e métodos buscam uma aprendizagem mais significativa, principalmente uma crítica, que para Moreira é aquela perspectiva que permite ao indivíduo integrar-se à sua cultura e, simultaneamente, distanciar-se dela (Moreira, 2010).

Esse termo, mais famoso por Ausubel, é quando há uma interação cognitiva de saberes novos e prévios que torna uma aprendizagem com significados. Para Ausubel (1963, p. 58), a aprendizagem significativa é o principal mecanismo humano para adquirir e armazenar a grande quantidade de ideias e informações presentes em qualquer campo de conhecimento (Ausubel, 1963).

Isto apesar de proposto pela teoria da aprendizagem de David Ausubel, ele se encaixa com outras teorias construtivistas, como fala Moreira, até mesmo em um enfoque vygotskyano, todas elas subjaz à construção humana (Moreira, 2011).

Ele também lista ações necessárias para uma aprendizagem crítica subversiva que é escrito por princípios metafóricos vários desses princípios condizem com a teoria da mediação de Vygotsky (1988).

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.)
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.)
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.)
4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.)

5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.)
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.)
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.)
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.)
9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.)
10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.)
11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.) (Moreira, 2010)

Para minimizar boa parte dos desafios no ensino de Física, o ato de ensinar deve ser centrado no aluno com o enfoque na aprendizagem significativa, com o uso de tecnologias, métodos, materiais, laboratórios, etc. O educador como mediador com a preocupação em atribuir um significado ao conhecimento para que jovens sejam capazes de lidar com situações reais, crises de energia, manuais, problemas ambientais (Brasil, 2002).

A próximo tópico será abordado como a teoria da mediação de Vygotsky pode auxiliar no processo de busca em uma aprendizagem mais significativa.

4.2 A teoria da mediação de Vygotsky

Vivemos em sociedade desde os primórdios da humanidade, o trabalho coletivo foi e é útil para caça, cultivo de plantas, defesa, busca pelo conhecimento, etc. Cada indivíduo age de acordo com o contexto cultural que está inserido, um exemplo disto é que dependendo da região do Brasil um determinado grupo pronuncia determinados fonemas (os sotaques). O entorno fez com que as pessoas adquirissem uma fonética própria para algumas letras. A teoria da mediação de Vygotsky parte do pressuposto que o desenvolvimento cognitivo depende do contexto social e cultural no qual ele ocorre. Isso mostra que os processos mentais superiores do indivíduo é uma das bases da teoria vygotskiana.

Em uma abordagem sócio-histórica/cultural, a aprendizagem de qualquer conhecimento novo parte do outro, de padrões interacionais interpessoais. Assim, a aprendizagem é entendida, independentemente de idade, como social e contextualmente situada, como um processo de reconstrução interna de atividades externas, em que a relação social tem o papel primário em determinar o funcionamento intrapsicológico ou intramental (Magalhães, 2018).

As funções psicológicas superiores (FPS), tais como a atenção, pensamento, linguagem, memória e imaginação tem por finalidade organizar adequadamente a vida mental de um indivíduo. Piaget e Vygotsky, além de Henry Wallon, assumiram uma posicionamento materialista com a defesa na perspectiva genética para explicar a origem das FPS (Veronezi *et al.*, 2005).

Diferentemente de Piaget, Vygotsky atribui que as mudanças do homem está relacionado à interações entre o sujeito e a sociedade, que se da por meio dos signos e dos instrumentos. Esta interação relaciona-se com qualquer troca de palavras entre pelo menos dois falantes - aluno/aluno/professor. Como fala Veronezi *et al.* (2005) o sujeito do conhecimento não é apenas passivo, regulado por forças externas que o vão moldando e nem é somente ativo, regulado por forças internas, o sujeito do conhecimento é interativo. Portanto, a mediação é um processo importante para as relações sociais se tornarem em funções mentais superiores.

Os instrumentos deste trabalho é um material desenvolvido de forma lúdica que poderá ser utilizado durante as práticas experimentais que fomentam o pensamento crítico e socialização do grupo. Ademais, são também todos os equipamentos utilizados, multímetros, tinta, LED's, etc. Há três tipos de signos, como relatado por Ostermann e Moreira (2011), indicadores, icônicos e simbólicos. Os signos icônicos são as imagens e conceitos estabelecidos que tem finalidade em mediar a conduta do aprendiz com os elementos da experiência. O desenvolvimento cognitivo ocorre, segundo Vygotsky, por meio da internalização de instrumentos e sistemas de signos culturalmente produzidos (Vygotsky, 1988).

A interação social é um fator importante para Vygotsky, como diz Moreira (1999), o objeto de análise dele não é o indivíduo e nem o contexto é a própria interação social. Garton Alison (1992) define melhor a interação social dizendo que um intercâmbio de informações entre duas pessoas, no mínimo, que tenha envolvimento ativo. É importante fomentar o envolvimento em grupo dos alunos e que a linguagem professor-aluno deve ser a mais próxima possível, porém, nem sempre isso é atingido e muitas vezes percebe-se que a comunicação aluno-aluno é favorável para o entendimento de um conceito, ou seja, a aquisição de significados.

Diretamente relacionada com a interação social está a aquisição de significados. Signo é alguma coisa que significa alguma coisa. As palavras, por exemplo, são signos linguísticos. Gestos também são exemplos de signo. Os significados de palavras e gestos são construídos socialmente (Moreira, 1999).

A linguagem desempenha um papel crucial no desenvolvimento cognitivo da criança, uma vez que a liberta das limitações dos contextos imediatos, sendo o sistema de signos mais

significativo para esse processo (Moreira, 1999). O uso de analogias no ensino da Física é essencial, por exemplo, quando se fala em diferença de potencial e a movimentação dos elétrons, pode-se fazer um paralelo com uma pessoa descendo em um tobogã em que a pessoa é a carga elétrica e a diferença de altura o potencial elétrico. A competência na manipulação da linguagem abstrata, sem contexto específico, amplia a flexibilidade do pensamento conceitual e proposicional (Driscoll, 1995). Na aprendizagem de conceitos o fator mais importante é a associação.

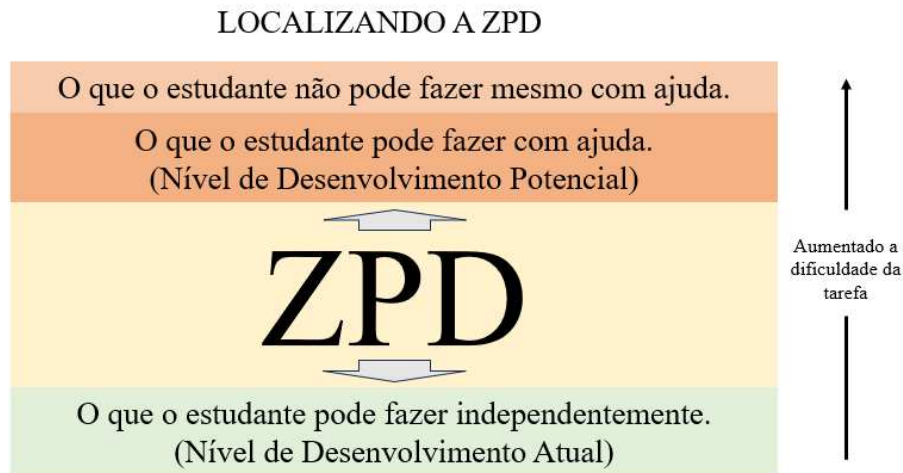
[...] Na aprendizagem de conceitos, por exemplo, a criança inicialmente associa o nome do conceito, como “gato” ou “cadeira”, a um animal ou objeto específico que encontrou na sua vida diária e que, numa interação social, alguém lhe disse “isso é um gato” ou “isso é uma cadeira”. Mas com a experiência, isto é, por meio de sucessivos encontros com diferentes gatos e cadeiras, a criança aprende a abstrair, de um caso concreto, o nome do conceito e a generalizá-lo a muitas outras situações e instâncias (Moreira, 1999).

Naturalmente com o a interação social, com a internalização de instrumentos e signos a aprendizagem se converte em condições para o desenvolvimento cognitivo. Para Vygostky, a aprendizagem é que é necessária para o desenvolvimento. Esses níveis de desenvolvimento são classificados por ele em real e proximal e ter a compreensão de que a instrução tem que estar sempre localizada na Zona Potencial de Desenvolvimento do aluno (ZPD) (Magalhães, 2018).

Os conhecimentos da Zona de desenvolvimento real são os que os alunos, independentemente, conseguem realizar alguma tarefa, pois já foram desenvolvidos em padrões culturais. Porém, para o mesmo aluno ainda existem conhecimentos que estão em construção, esses encontrados na zona potencial de desenvolvimento, e neste caso é essencial a participação do outro (aluno ou professor). A Figura 17 a seguir mostra onde a ZPD está localizada. A zona de desenvolvimento proximal estabelece as funções que ainda estão imaturas, mas que estão no processo de maturação, ou seja, é vista como um potencial de aprendizagem e é mutável. Portanto a aprendizagem deve ser feito da zona de desenvolvimento proximal, em que na visão de Vygotsky, é uma região em que ocorre o desenvolvimento cognitivo (Moreira, 1999).

Portanto, o conteúdo abordado pelo professor em sala de aula, deve ser, em todos os momentos, se possível, contextualizado, pois é necessário que o estudante encontre utilidade no assunto e que este assunto esteja coerente com o nível de desenvolvimento cognitivo do estudante. Quando o aluno consegue resolver, sozinho, aquilo que antes, para ele era, de difícil compreensão, torna-se prazeroso o processo de ensino aprendizagem. O papel do professor, neste caso, é verificar se o significado que o aluno captou é aceito e compartilhado socialmente,

Figura 17 – Esquema da Zona de Desenvolvimento Proximal.



Fonte: (Lui, 2012)

então o ensino é consumado quando o aluno e o professor compartilham o mesmo significado. (Moreira, 1999).

Estas abordagens construtivistas com o objetivo de incentivar a construção e o compartilhamento de conhecimentos que faz com que as práticas tradicionais, altamente difundidas no ensino de física, sejam distanciadas.

4.3 O laboratório e a experimentação no ensino de Física

Há registros que a utilização da experimentação em física surge no século XVII com Galileu Galilei e Francis Bacon como ferramenta na validação de teorias científicas (Oliveira, 2010). Eles dividem o título de “pai” do método científico, com as etapas que deveriam ser seguidas, observação, elaboração de hipóteses, experimentação e conclusões (Alves Filho, 2000). Moreira e Ostermann (1993) criticam a forma que o método científico é abordado em escolas e livro texto, pois há um problema em que a atividade científica em muitas escolas segue uma receita livre de erros fazendo com que os estudantes criem concepções erradas sobre fazer ciência. Os alunos precisam entender que a metodologia científica é uma das maneiras de investigar a realidade, e que, o método científico possui subjetividades e pode basear-se em premissas equivocadas, resultando em erros.

A utilização da experimentação no ensino proporciona, em relação ao aprendizado, uma abordagem mais prática dos conceitos científicos. Nessa situação, o estudante relaciona diretamente a teoria e a prática. Sabe-se que esta atividade, pedagogicamente inofensiva, são válidas para a aprendizagem de novos conceitos, porém é necessário que esteja de acordo com

uma fundamentação teórico-pedagógica adequada. Ademais, é importante que as atividades não sejam realizadas de qualquer maneira, pois é necessário que tenha um enfoque mais investigativo fazendo com que os estudantes participem ativamente do processo.

Segundo Araújo e Abib (2003), o uso da experimentação tem capacidade de:

Estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem e também, propicia a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência (Araújo; Abib, 2003).

As atividades práticas experimentais podem ser classificadas em atividade de demonstração, atividades de verificação e atividades investigativas.

1. *Atividades de demonstração*: é a mais usual no espaço escolar, pois é preciso somente de um equipamento, sem necessidade de laboratório, há mais facilidade em controle da sala de aula, centralidade no professor. Em geral, apresenta baixa interação entre os educandos e entre o aluno e o experimento (Corrallo, 2017).
2. *Atividades de verificação*: ela têm como objetivo verificar teorias e leis com coleta e interpretação de dados. Essas atividades podem acontecer em um laboratório tradicional ou em laboratórios virtuais.

Na primeira opção torna-se mais prático o uso dessas atividades, pois não requer um nível de atenção mais elevado por parte do professor e do aluno, podendo ser aplicada na própria sala e com materiais de baixo custo. Porém, é importante ter uma atenção da aplicação da experimentação, pois elas reduzem a expressão do alunos, ficando somente observacional.

Portanto, neste caso é necessário que haja uma interação maior do aluno com a experimentação e é importante que o professor, antes da explicação/demonstração do experimento, questione seus alunos o que virão e quais os possíveis resultados. No produto educacional apresentado é trabalhado com as atividades de verificação, em que o aluno opera diretamente com o experimento em análise buscando entender o fenômeno com o auxílio do professor.

Montar um laboratório de ciências é extremamente caro, principalmente para equipamento de Física, por esse e outros motivos é que escolas, em geral, não possuem laboratórios de ciências. Logo, se ver vários trabalhos ao longo dos anos que utilizam materiais de baixo custo e adaptações de laboratórios tradicionais, até mesmo a implementação de simulações computacionais, pois acreditam que estas atividades ajudem no processo de ensino aprendizagem. Borges

(2002) lista os objetivos do laboratório que são: verificar/comprovar leis e teorias científicas, ensinar o método científico, facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos e ensinar habilidades práticas.

Sabe-se que se pode alcançar esses objetivos com estas atividades propostas, mesmo não existindo um laboratório físico e nem equipamentos sofisticados, com um simples produto e com uma teoria da educação adequada.

4.4 A Cultura “Maker”

A cultura “Maker”, do “faça você mesmo”, atualmente, vem ganhando mais espaço como metodologia de ensino em diversas áreas do conhecimento como eletrônica, física, matemática, artesanato, programação, marcenaria e etc. Esta cultura estimula os estudantes a se tornarem protagonistas da sua própria aprendizagem, incentivando a capacidade de resolver problemas de forma crítica e criativa. Esta abordagem que incentiva as pessoas a se tornarem criadoras, construtoras e solucionadoras de problemas, em vez de simples consumidores passivos de produtos e serviços (Papert, 1994).

Este movimento se inicia por volta da década de 50, nos Estados Unidos, por causa de altos valores nas mãos de obras, então programas de TV começaram a ensinar construir coisas e as garagens norte americanas ganhou também um espaço para ferramentas de criação. Esse movimento é culturalmente organizado, com o compartilhamento de ideias, de projetos e de concepções para o grupo “Makers” (Moura, 2019).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a importância de promover um ensino que esteja alinhado com a realidade dos alunos e com o uso das tecnologias, de modo que eles possam compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de maneira reflexiva, crítica, ética e significativa, contribuindo para a resolução de problemas e a construção do conhecimento (Brasil, 2018).

As escolas ainda a utilizam fortemente o currículo tradicional, como já discutido na Seção 4.1, a cultura maker fortalece a metodologia das aulas experimentais de laboratório em que opera-se e fabrica-se equipamento de baixo custo para estudar uma situação cotidiana. Ela confronta o currículo tradicional, já que o foco é a ação do próprio aluno no ato de aprender a partir da criação e invenções no âmbito da ciência.

A educação maker surgiu em 2006 nos Estados Unidos com a criação de projetos como *FabLearn*, a *Maker Faire* e a *MAKER Magazine* e com isso, desde 2010, foram surgindo

comunidades de educadores maker e foram surgindo os primeiros espaços em escolas. Entretanto, essa ideia não é nova, pois Papert já discutia a pedagogia baseada em “mãos na massa”, em que o aprendiz está envolvido na criação de um objeto de seu interesse, que culminou no termo construcionismo (Blikstein *at al.*, 2020).

Várias são as vantagens de se utilizar esta nova metodologia nas escolas. Ribeiro Neto *at al.* (2024), após uma revisão sistemática da literatura, lista as principais vantagens observada por alguns autores, são elas:

- Incentiva o trabalho em equipe, a colaboração, o planejamento, a pesquisa, os processos de tomada de decisões e a interação entre os pares. Permite administrar conflitos e respeitar ideias e opiniões diferentes, mas em busca de um resultado comum.
- Ensino criativo, inventivo e produtivo, no qual os aprendizes são protagonistas no desenvolvimento de seus próprios conhecimentos e de suas experiências.
- Permite construir, consertar, modificar e fabricar os mais diversos tipos de objetos e projetos para que os aprendizes sejam criativos e críticos, capazes de resolver problemas e trabalhar em grupo.
- Experiências de aprendizagem ativa, é uma abordagem de ensino centrada no aluno que concebe a experiência de aprendizagem para se concentrar no processo de trabalhar para compreender ou resolver um problema.
- Oferecem oportunidades abundantes para a criação de conhecimento baseado na prática e aprendizagem multifacetada nas escolas.
- Uma cultura maker em toda a escola é crucial para apoiar o desenvolvimento de educadores makers. (Ribeiro Neto *at al.*, 2024)

No entanto, como toda metodologia, há algumas desvantagens observadas, a primeira é que ela não está inserida no currículo escolar, sendo um dos desafios do século (Blikstein *at al.*, 2020). Também é preciso de um espaço voltado as criações, a formação dos professores e maior diversidade de projetos. Com o intuito de aumentar o número de projetos este trabalho se encaixa na proposta maker e com a utilização de equipamentos e ferramentas de baixo custo, como já discutido anteriormente.

Logo, é perceptível um aumento desta cultura na educação, pois diversos trabalhos estão surgindo neste âmbito. Uma revisão sistemática da literatura, analisando a influência dela na educação, mostrou que há trabalhos em todos níveis de ensino e nas diversas áreas do conhecimento como Física, Química, Matemática, Robótica, Informática e Geografia (Paula *at al.*, 2021).

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido através de uma sequência didática que foi dividida em alguns momentos: aplicação de questionários pré e pós-experimentos, aulas expositivas em sala de aula e aulas experimentais.

As aulas teóricas seguiram o livro didático com os assuntos de eletrodinâmica referentes ao segundo bimestre, tem sua carga horária de (2h/aulas) semanais: corrente elétrica, potência elétrica, resistores elétricos e medidas elétricas. Estes assuntos teóricos foram abordados de 15/04/2024 à 24/05/2024 em todas as segundas-feiras. Em paralelo a isto as aulas experimentais foram aplicadas durante o mesmo período nas sextas-feiras, as aulas foram realizadas em contraturno e a participação dos estudantes nas aulas foi de forma voluntária. Os experimentos aplicado neste trabalho está desenvolvido e descrito em um material que pode ser visto no Apêndice B.

O material foi produzido para que pudesse ser usado de forma lúdica e as práticas experimentais foram pensadas para explorar o máximo de atividades que a tinta condutiva pode proporcionar, podendo ser complementado por terceiros ou adaptado ao cotidiano escolar. Ele foi dividido em cinco práticas experimentais: produção da tinta condutiva, resistência elétrica, circuitos simples, associação de resistores e ponte de Wheatstone.

5.2 Local de aplicação e público-alvo

Este produto educacional foi aplicado no Colégio São Raimundo, que é uma escola particular de ensino localizada no município de Caucaia-CE, para alunos do segundo ano do ensino médio. O produto foi aplicado no período de 08/04/2024 à 24/05/2024, essa data foi escolhida porque pelo planejamento anual de ensino é o período em que o assunto de eletrodinâmica é abordado. Em geral, é fundamental que as aulas práticas sejam realizadas em conjunto com as aulas teóricas ou logo após a explanação do conteúdo.

A escola em questão não possui laboratório de ciências, porém foi dado todo o suporte e apoio para que o produto fosse aplicado. As práticas foram efetuadas na própria sala de aula e os equipamento necessários para a realização dela são de baixo custo que possibilitou elas de serem realizadas.

Figura 18 – Local de aplicação do produto educacional.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

Perceba que, Figura 18, o local escolhido para aplicação das práticas foi em um ambiente arejado. Caso não exista espaço aberto na escola, a prática pode ser realizada com o uso de equipamentos de proteção como máscaras. As pinturas puderam ser efetuadas sobre a própria carteira, porém o discente pode isolar com sacola plástica ou jornal para evitar sujar o patrimônio da escola. Os principais cuidados e uso da tinta será discutido na próxima seção.

5.3 Produção da tinta condutiva

A produção da tinta é simples e não é necessário a utilização de equipamentos modernos. Nas práticas experimentais foi utilizado dois diferentes tipos de tinta condutiva todas à base de grafite em pó.

Tinta 1: grafite em pó, verniz para madeira (Sparlack®) e solvente (Petrolusa®) (SANTOS; SILVA, 2018).

Tinta 2: grafite em pó, seladora concentrada de madeira (Iquine®) e Thinner (Eucatex®).

A fabricação da tinta é idêntica para ambas, em que é utilizado partes iguais de verniz e solvente para duas partes de grafite, por exemplo, 200mL de verniz, 200mL de solvente e 400mL de grafite em pó. É indicado fazer dentro de um recipiente de vidro com tampa (metal) para evitar a evaporação da tinta. Foi observado que o material dentro do recipiente durou meses até secar completamente. Portanto, pode-se fazer uma maior quantidade de tinta e armazenar para as próximas práticas.

As duas tintas apesarem de serem a base de grafite e serem fabricadas pelo mesmo

processo apresentaram comportamentos distintos durante as práticas, a Tinta 2 demorou menos para secar no papel em relação a Tinta 1 o que possibilita uma melhor fluidez durante a aula. Também foi percebido que a resistência elétrica da Tinta 1 é maior que a Tinta 2, quanto maior a resistência elétrica da tinta menor será os desenhos dos circuitos, pois é utilizado como fonte de tensão uma bateria de 9 V. A Tinta 1 tem maior resistência, por causa do verniz, e pode ser aplicada em diferentes superfícies: papel, concreto, cerâmica, etc. Outra vantagem dessa tinta é que ela é mais rentável e demora mais para secar no recipiente.

Em relação aos preços para produzir a tinta durante o período em que este projeto foi desenvolvido os valores aproximados para cada material foram da ordem de: i) grafite em pó, no quilo, em sites da *internet* foram encontrados na faixa de R\$ 22,00; ii) o verniz em torno de R\$ 53,00 e iii) o solvente R\$ 36,00. Desta maneira, o custo foi de R\$ 111,0 para produzir a Tinta 1. Já para a Tinta 2, os preços foram: i) para a seladora R\$ 36,00 e ii) para o Thinner R\$ 22,00. Somando um valor total de R\$ 80,00 para a Tinta 2, sendo 28% mais barata que a Tinta 1. Apesar de apresentar um valor significativo para o professor, as tintas tem alto rendimento, podendo ser aplicadas em diversas turmas. Ademais, é possível comprar tinta já pronta no mercado, porém com preços variando entre R\$ 79,90 e R\$ 22,00 para cada 10 mL de produto.

5.4 Materiais necessários

Os materiais utilizados em todas as práticas está mostrado na Figura 19, vale ressaltar que foi utilizado materiais de baixo custo em todas as atividades experimentais.

- Equipamento de proteção individual (EPI): luvas e máscaras;
- Copo pequeno de vidro (recipiente que irá a tinta condutiva do aluno);
- Palitos de madeira (para homogeneizar a tinta);
- LED: diodo emissor de luz de diferentes cores;
- Papel;
- Fita isolante (necessário para conectar os LED's ao circuito);
- Bateria de 9V;
- Pincéis¹;

A tinta pode apresentar um cheiro forte dos produtos, que pode ser enjoativo. Desse modo, se fez necessário a utilização, não por todos, de máscaras. As luvas servem para evitar

¹ Os pincéis com as cerdas sintéticas foram melhores para realizar as pinturas com a tinta diferentemente dos pincéis com cerdas naturais.

Figura 19 – Materiais necessários para a produção da tinta condutiva e realização das práticas experimentais.



Fonte: elaborado pelo autor.

o contato direto da tinta com a pele (Figura 20) durante a produção da tinta, que é a etapa que requer o maior cuidado. Em um teste das práticas experimentais foi observado que a tinta pode corroer alguns copos de plásticos (não todos), ou seja, por este motivo foi escolhido copos de vidro como o recipiente para os alunos.

Na Figura 21 é mostrada a criação dos circuitos usando a tinta condutiva usando um pincel para desenhar as trilhas necessárias.

5.5 Sequência didática

No presente tópico será apresentado os materiais e os métodos utilizados para atingir o objetivo da pesquisa. Ele trará uma sequência didática adotada durante as práticas experimentais. A implementação deste produto educacional está prevista em cinco aulas de 50 minutos (1h/aula). Vale ressaltar que serão cinco aulas experimentais em paralelo com as aulas teóricas em sala de aula.

Figura 20 – Aluno colocando luvas para proteção para produzir a tinta condutiva.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

Figura 21 – Utilização dos pincéis de cerdas sintéticas.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

5.5.1 1ª aula (1h/aula)

5.5.1.1 Conteúdo

- Levantamento prévio de conceitos iniciais em eletrodinâmica.
- Descrição das aulas experimentais.

5.5.1.2 *Objetivos*

- Coletar conhecimentos prévios do assunto de eletrodinâmica.
- Apresentar as aulas experimentais e indicar os principais cuidados.
- Separar as equipes¹.

5.5.1.3 *Materiais*

- Celular, quadro branco e pincéis.

5.5.1.4 *Descrição da aula*

Esta aula inicial será para levantar os conhecimentos prévios dos alunos, mesmo que o professor não tenha ministrado propriamente o conteúdo teórico em sala de aula, saber as concepções e visões de mundo iniciais do aluno é essencial. O educando será convidado a responder um pequeno questionário contendo perguntas simples de eletrodinâmica. O questionário pode ser encontrado no apêndice A. Foram dez perguntas selecionadas de forma a pegar o maior número de informações possíveis para conhecer a turma. Eles tiveram em média 20 minutos para responder o questionário. Em seguida o professor deverá apresentar o projeto, mostrando a importância de se estudar o conteúdo abordado e as utilizações práticas do dia a dia (verificar a fundamentação teórica). Reforçar a importância do uso de EPI'S não só para as práticas experimentais, mas também para a vida. Após isso, pode-se finalizar a aula com uma motivação para as próximas aulas e fazendo a separação dos grupos.

5.5.2 *2º aula (1h/aula)*

5.5.2.1 *Conteúdo*

- Resistores elétricos e Lei de Ohm.

5.5.2.2 *Objetivos*

- Fabricar uma tinta condutora de eletricidade utilizando materiais de baixo custo;
- Apresentar na prática um resistor elétrico e o conceito de resistência;
- Conhecer e manusear um aparelho de medida elétrica: o ohmímetro;

¹ As equipes podem ser fixas ou mudar durante as práticas experimentais.

- Observar as relações de Ohm para os resistores.

5.5.2.3 *Materiais*

- Tinta condutiva ¹;
- Multímetro;
- Pincéis, folha de papel e EPI's;

5.5.2.4 *Descrição da aula*

A aula inicia-se com uma explanação breve sobre resistores elétricos e seu uso no cotidiano levando os alunos a pensarem se suas respostas no pré-teste estão coerentes. Em seguida é explicado como utilizar o multímetro, mais especificamente o ohmímetro, a mudança de escala e cuidados com as medidas.

O professor em seguida deve produzir, com o auxílio dos alunos, um pouco de tinta condutiva. É necessário explicar a proporção da mistura para que possa ser replicado em algum momento posterior. É importante lembrá-los que alguns materiais podem ser prejudiciais para a saúde, como por exemplo o *Thinner*, por isso o uso de máscara e luvas. A prática deve ser realizada somente pelos alunos com orientações do professor, eles precisam ler as orientações no material didático (Produto Educacional) e usar sua criatividade para obter as relações de Ohm para os resistores elétricos alguns exemplos pode ser encontrado na seção XXXX.

O regente pode ir passando de equipe por equipe para suprir eventuais dúvidas. Após a realização da prática, um grupo, voluntariamente, apresenta seus resultados para os demais colegas, como mostrado na Figura 22. A partir disto há uma interação social mais forte entre os grupos como já dito na Seção 4.2.

5.5.3 *3° aula (2h/aula)*

5.5.3.1 *Conteúdo*

- Circuito elétrico simples;
- Aparelho de medida elétrica: voltímetro e amperímetro.

¹ Verificar a seção 5.3 para consultar os materiais necessários para sua fabricação.

Figura 22 – Aluno apresentando seus desenhos e resultados para os colegas da turma.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

5.5.3.2 *Objetivos*

- Entender o funcionamento de um LED e de um circuito simples;
- Verificar o sentido e o valor da corrente elétrica;
- Acender um LED com a tinta condutiva;
- Utilizar um amperímetro e um voltímetro;
- Conectar o aparelho de medida elétrica corretamente ao circuito.

5.5.3.3 *Materiais*

- Tinta condutiva;
- Multímetro;
- Pincéis, folha de papel, fita isolante e EPI's;
- LED's;
- Bateria de 9V.

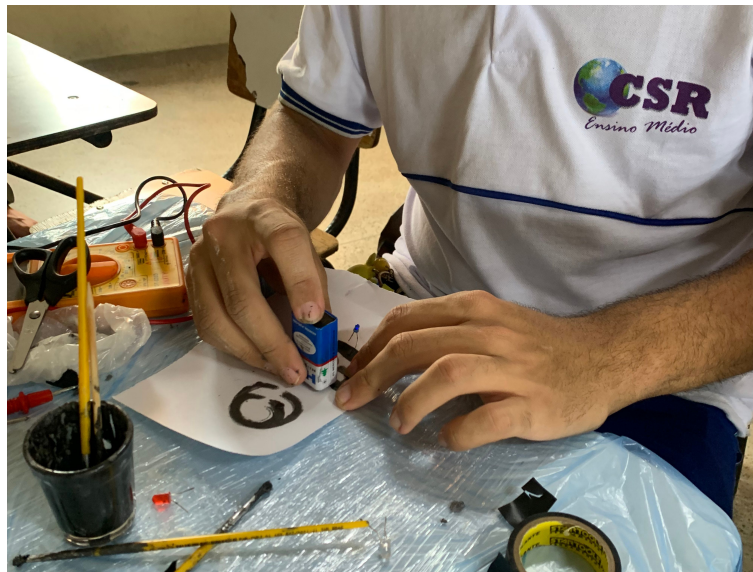
5.5.3.4 *Descrição da aula*

Neste momento, espera-se que os alunos já estejam familiarizados com a tinta tornando mais fácil a aplicação das práticas. Este é o momento para explicar o funcionamento do diodo emissor de luz, pois ele será a fonte de luz utilizada nos aparatos, indicando suas

polaridades e o modo correto de conectá-los aos circuitos.

Os alunos são desafiados a construir um circuito simples para ligar um LED, em paralelo a isso ele pode ir respondendo as perguntas presentes no produto educacional. Em seguida, constrói-se um novo circuito com um tamanho diferente e pede-se para observar o brilho do diodo. Com o amperímetro ele pode verificar o valor de corrente elétrica que atravessa o circuito conectando em série ao desenho.

Figura 23 – Aluno conectando a bateria ao circuito para acender um LED.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

Com o auxílio de um voltímetro checa-se a diferença de potencial sobre o LED, com esses dois valores pede-se para calcular o valor da resistência elétrica do diodo utilizando a equação de Ohm. A aula termina com a resolução do questionário da prática e com eles mostrando seus circuitos elétricos.

5.5.4 4ª aula (1h/aula)

5.5.4.1 Conteúdo

- Associação de resistores¹;
- Potência elétrica.

¹ Apesar de o LED não ser necessariamente um resistor, se faz necessário fazer uma analogia para estudar a divisão de corrente

5.5.4.2 *Objetivos*

- Analisar uma associação em série de LED e resistores;
- Analisar uma associação em paralelo de LED e resistores;
- Verificar qualitativamente os brilhos dos LED's nas associações;
- Estudar a divisão de corrente elétrica.

5.5.4.3 *Materiais*

- Tinta condutiva;
- Multímetro;
- Pincéis, folha de papel, fita isolante e EPI's;
- LED's
- Bateria de 9V

5.5.4.4 *Descrição da aula*

Inicia-se com a explanação, a nível de revisão, sobre circuitos elétricos, mais especificadamente sobre a associação de resistores elétricos. É interessante que eles consigam obter de forma independente as características de cada associação feita com os LED's (aqui vale ressaltar que os LED's não são necessariamente resistores, mas podemos usar de forma análoga), por exemplo, perceber que em uma associação em série teremos o mesmo valor de corrente para todos os equipamentos e se um deles for removido os outros diodos apagarão (Figura 24). Os alunos continuaram utilizando os medidores elétricos: o amperímetro para observar a divisão de corrente e o voltímetro para verificar a divisão de tensão entre os LED's. Importante lembrá-los o modo de conectar esses aparelhos no circuito.

Para uma associação em paralelo (Figura 25) é comum perguntar o que acontece com o brilho de um diodo caso o outro seja removido, observa-se que o brilho da uma leve aumentada, fato que não é reportado nas aulas teóricas já que ele deveria permanecer inalterado. Pode levantar este questionamento ao aluno e esperar que eles respondam que a resistência da tinta tem uma influência nesse resultado. A aula termina com a explanação dos resultados obtidos pelos discentes para os demais alunos da turmas.

Figura 24 – Ligação do diodo emissor de luz em série feita pelos alunos.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

Figura 25 – Ligação do diodo emissor de luz em paralelo feita pelos alunos.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

5.5.5 5ª aula (1h/aula)

5.5.5.1 Conteúdo

- Ponte de Wheatstone.

5.5.5.2 Objetivos

- Compreender o funcionamento de uma ponte de Wheatstone;

- Pintar um circuito no formato da ponte de Wheatstone e verificar a diferença de potencial nula.

5.5.5.3 *Materiais*

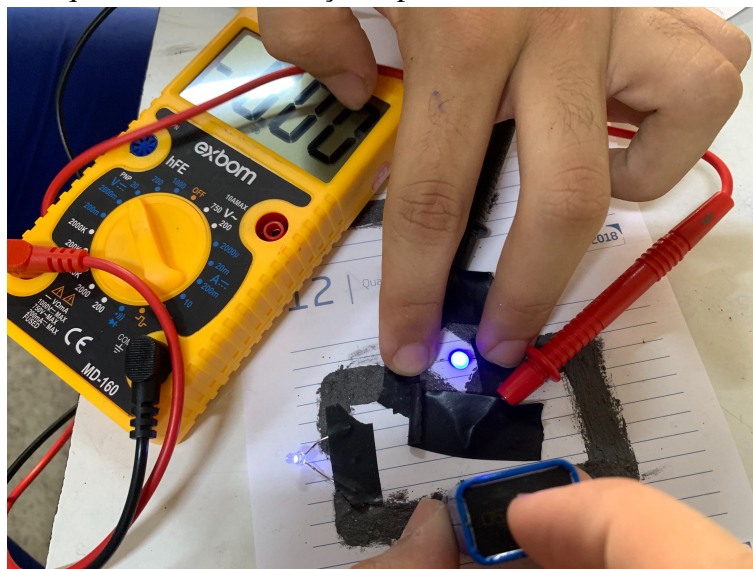
- Tinta condutiva;
- Multímetro;
- Pincéis, folha de papel, fita isolante e EPI's;
- LED's;
- Bateria de 9V.

5.5.5.4 *Descrição da aula*

A aula começa com a explanação dos conceitos da ponte de Wheatstone e as condições de equilíbrio eletrodinâmico. Ademais, é falado a principal funcionalidade dela para que se torne algo significativo para o aluno.

Os alunos foram desafiados a construírem uma ponte de Wheatstone com as condições de equilíbrio em que um LED colocado na vertical não brilha, pois a diferença de potencial é nula como mostrada na Figura 26.

Figura 26 – Ponte de Wheatstone construída por um aluno em que mostra a diferença de potencial nula.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

Após a construção eles foram questionados os motivos de o LED na horizontal

acender e quando colocado na vertical ele não acender. Os resultados foram obtidos através das perguntas feitas no produto educacional e estão comentados na Seção 6.2. Um grupo de alunas estava com dificuldade de construir a ponte e então outro aluno ajudou na construção dele, como mostra a Figura 27, a interação aluno-aluno mostrou-se forte neste momento já que tornou a linguagem acessiva para ambos.

Figura 27 – Aluno ajudando a construir e explicar o experimento.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo iremos discutir os resultados obtidos após a aplicação do produto educacional como um todo (pré-teste, pós-teste e respostas às atividades presentes no produto) através de uma análise objetiva dos resultados associada a um relato da experiência de aplicação.

6.1 Análise do pré-teste

Na primeira parte do trabalho foi aplicado um pré-teste com sete questões abertas, aplicadas via *Google Forms* para coletar informações sobre alguns conhecimentos prévios dos discentes. A aplicação dessa etapa visou também indicar ao professor quais conhecimentos precisariam ser reforçados durante as aulas em que o produto educacional foi aplicado para garantir que houvesse um melhor aproveitamento por parte dos alunos na aplicação do mesmo.

Foram escolhidos questões subjetivas para evitar que os discentes “chutassem” as questões, i.e. para garantir que os estudantes pudessem expressar com as suas próprias palavras o conhecimento que detinham sobre o conteúdo. A maioria dos estudantes respondeu o questionário, que pode ser encontrado no Apêndice A. Com isso, foi possível estabelecer uma visão geral do conhecimento da turma, o que serviu de base para a maneira como as aulas experimentais poderiam ser seguidas.

A seguir são apresentadas as perguntas presentes no questionário e as respostas mais comuns correspondentes.

Questão 1. O que é eletricidade? Comente um pouco sobre.

R.: *Aluno 1* - movimentação de energia em carga elétrica.

R.: *Aluno 2* - são “fenômenos naturais” que possuem cargas elétricas em movimento ou neutras.

R.: *Aluno 3* - é um estudo onde se especializa em estudar fenômenos que ocorrem em cargas elétricas.

R.: *Aluno 4* - é a parte da Física que estuda a corrente elétrica em repouso, ou em movimento.

R.: *Aluno 5* - eletricidade é o estudo das cargas elétricas.

Questão 2. O que é um condutor elétrico? Escreva o que você acha.

R.: *Aluno 1* - material ou objeto com capacidade de conduzir energia.

R.: *Aluno 2* - é um instrumento que atrai energia elétrica. ex: metal.

R.: *Aluno 3* - "Possibilita a passagem de corrente elétrica em seu interior com alta facilidade."

R.: *Aluno 4* - algum material que é favorável ao transporte de elétrons que, conseqüentemente, é mais adequado a transportar energia elétrica.

Questão 3. O que é um isolante elétrico? Escreva o que você acha.

R.: *Aluno 1* - material que resiste e oprime o fluxo das cargas.

R.: *Aluno 2* - esses são os que não deixam a eletricidade passar fácil.

R.: *Aluno 3* - materiais que resistem a altas cargas de energia elétrica.

R.: *Aluno 4* - um determinado material capaz de isolar a eletricidade como por exemplo a borracha.

R.: *Aluno 5* - ao contrário do condutor, seria algum material que não seja propício ao movimento dos elétrons, dificultando ou até não permitindo a passagem de energia elétrica.

Questão 4. Para que serve uma pilha (bateria) de um circuito elétrico?

R.: *Aluno 1* - o circuito é apenas uma ponte de ligação ente a bateria e outro ponto.

R.: *Aluno 2* - a pilha faz os elétrons se movimentar em um condutor, criando uma corrente elétrica que pode ser aproveitada como energia elétrica.

R.: *Aluno 3* - são geradores e armazenam energia, na forma de diferença de potencial.

R.: *Aluno 4* - para gerar a energia do circuito.

R.: *Aluno 5* - serve para gerar a energia.

Questão 5. Você sabe o que é corrente elétrica? Comente um pouco sobre.

R.: *Aluno 1* - fluxo ordenado de cargas elétricas.

R.: *Aluno 2* - é o fluxo de elétrons através de um condutor como fio.

R.: *Aluno 3* - o fenômeno físico em que os portadores de carga elétrica, como elétrons, são conduzidos pelo interior de algum material em razão da aplicação de uma diferença de potencial elétrico. Corrente elétrica é o fluxo de carga elétrica através de um condutor.

R.: *Aluno 4* - é o fluxo ordenado de cargas elétricas que se dá devido a diferença de potencial elétrico.

R.: *Aluno 5* - é um fluxo ordenado de cargas elétricas direcionadas para um determinado local, podendo servir para diversas funcionalidades.

Questão 6. Você sabe o que é resistência elétrica? Qual sua principal função? Comente.

R.: *Aluno 1* - não sei.

R.: *Aluno 2* - capacidade de um corpo qualquer se opor a passagem de corrente elétrica.

R.: *Aluno 3* - resistência é a medida da oposição que um material oferece ao fluxo de energia, sua principal função é limitar a corrente elétrica em um circuito.

R.: *Aluno 4* - é uma propriedade da física que serve para evitar a livre passagem das cargas elétricas.

R.: *Aluno 5* - é uma propriedade atribuída a determinados materiais de resistir à força elétrica a ele imposto.

Questão 7. Você já utilizou alguma vez um multímetro? Se sim, você sabe como mexer nele?

R.: *Aluno 1* - não.

R.: *Aluno 2* - não, nunca utilizei.

R.: *Aluno 3* - deve ser colocadas as pontas vermelha e preta no condutor, assim, as medidas do multímetro sendo alteradas.

R.: *Aluno 4* - sim, ele é um dispositivo que consegue medir varias quantidades.

R.: *Aluno 5* - sim, ainda não.

Na questão 01 os estudantes conseguem relacionar eletricidade com cargas elétricas, cargas elétricas em movimento e com a área que estuda as propriedades elétricas. Nesse sentido, o conhecimento prévio dos estudantes relativo à área de eletricidade é o suficiente para que a aplicação do produto. No entanto, o professor deve reforçar que há conceitos como força e campo elétrico, e que são importantes para fundamentar mais ainda o que será estudado durante as aulas.

Na questão 02, o conceito de condutor elétrico também está bem fundamentado e os estudantes conseguem associar a condução de eletricidade com a condução de energia. Durante as práticas foi reforçado com os estudantes que a tinta condutora desempenhava o papel de permitir a transferência de energia através da condução de eletricidade.

Na questão 03, os estudantes tanto conseguiram identificar como exemplificar o que é um isolante elétrico. Durante a aplicação das práticas foi reforçado que o papel onde as trilhas produzidas com a tinta condutora eram feitas desempenhava o exercem a função de um isolante.

Na questão 04 pode-se perceber que os estudantes são capazes de relacionar a bateria como o objeto onde a energia fica armazenada e que será usada no circuito elétrico.

Na questão 05 as respostas dos estudantes foram bastante padronizadas, associando ao fluxo ordenado de cargas. Esse tipo de resposta pode mascarar se os estudantes compreenderam ou não os estudantes e apenas “decoraram” frases prontas. No entanto, durante a aplicação da prática foi possível perceber que eles realmente haviam compreendido o conceito de corrente elétrica.

Na questão 06 foram feitas duas perguntas. A primeira, sobre o que é resistência

elétrica foi respondida pela maior parte dos estudantes, mas os estudantes não responderam satisfatoriamente sobre qual a utilidade de um resistor num circuito elétrico. Isso pode ser considerado um exemplo de indício de que a maneira como determinados conteúdos, como são vistos em sala de aula, são apresentados de forma mecânica visando, muitas vezes, a resolução de problemas numéricos frente à aplicação dos conteúdos no dia a dia. Durante as práticas experimentais foi reforçado o conceito de resistor como uma carga que pode ser usada para fins úteis (e.g. acender a luz de um LED) num circuito e, não necessariamente, como um elemento usado para dificultar a passagem de corrente elétrica.

Assim como na questão 06, foram feitas duas perguntas na questão 07. De maneira geral, as respostas mostraram que os estudantes não possuíam conhecimentos suficientes para que a prática fosse diretamente aplicada, uma vez que não sabiam utilizar instrumentos de medidas elétricas. Esse já era um resultado esperado e por este motivo, no produto educacional foram incluídas instruções para o uso de um multímetro e suas escalas.

De maneira geral, percebe-se que pelas questões apresentadas a turma tinha uma ideia formada em alguns conceitos básicos da eletricidade. Por exemplo, boa parte conhecia o que era um isolante, um condutor e o conceito de corrente elétrica. Isso foi considerado o suficiente para que a aplicação do produto pudesse ser iniciada.

6.2 Resultados obtidos pelos alunos

Através da observação da dinâmica de execução dos experimentos é possível avaliar o impacto da utilização do produto educacional como instrumento de ensino e aprendizagem. Por este motivo iremos, nesta seção, discutir alguns dos resultados obtidos pelos estudantes durante a aplicação do produto educacional. Aqui, iremos discutir unicamente os resultados, uma vez que a condução da aula em si, para cada aula, foi apresentada no capítulo de aplicação do produto educacional.

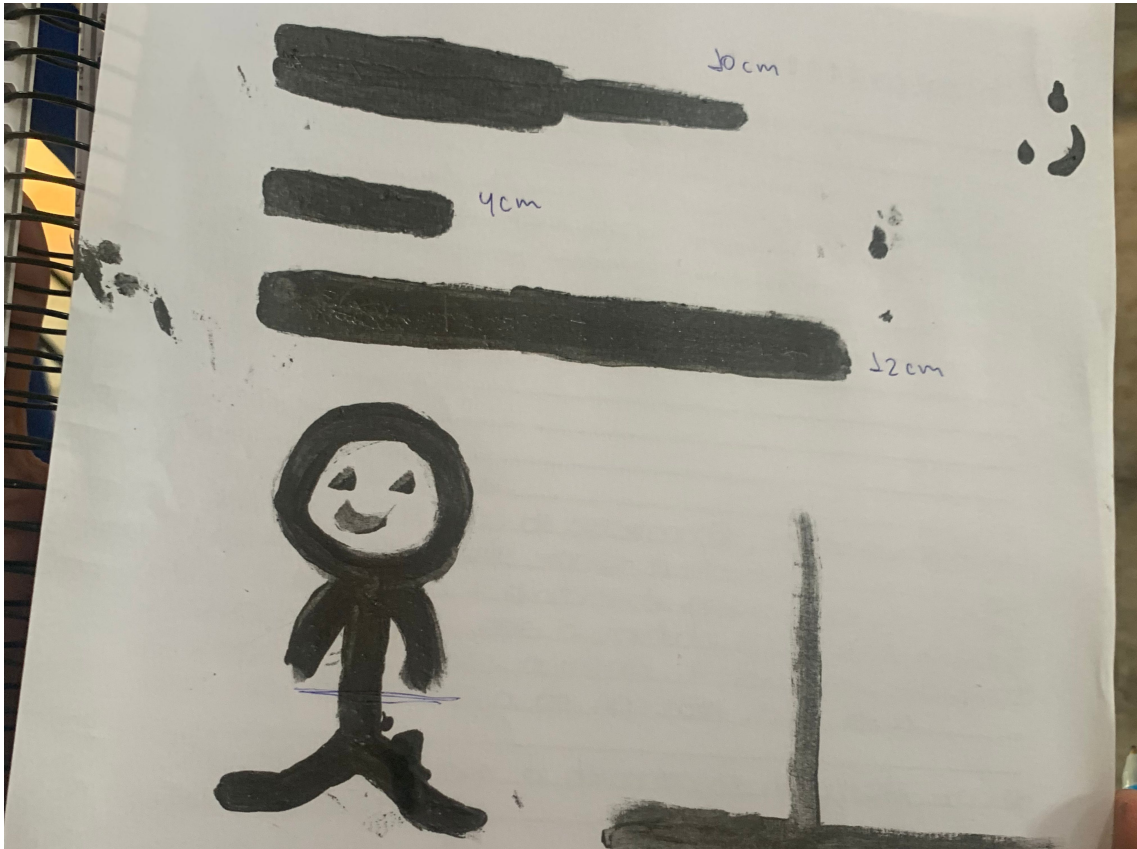
Como dito anteriormente a tinta condutiva feita a base de grafite possui uma resistividade que pode variar com alguns fatores, portanto, a análise dos resultados, e.g. corrente elétrica, obtida pelos estudantes tinha caráter qualitativo.

A resistência elétrica de um resistor depende principalmente de seus fatores geométricos, como dito na seção 3.2.1 (equação 3.16), fato que foi possível perceber com bastante clareza com a aplicação da tinta.

Foi pedido que os alunos pintassem duas faixas com a mesma largura e diferentes

comprimentos (Figura 28). Com o auxílio do ohmímetro foi medida a resistência elétrica da faixa pintada. Observe que pela Figura 29 o discente percebeu que quando se tinha um aumento do comprimento, conseqüentemente, houve um aumento da resistência elétrica. Evidenciando uma das relações de Ohm para os resistores elétricos.

Figura 28 – Desenhos com tinta condutiva utilizados para relacionar a resistência elétrica com as propriedades geométricas.



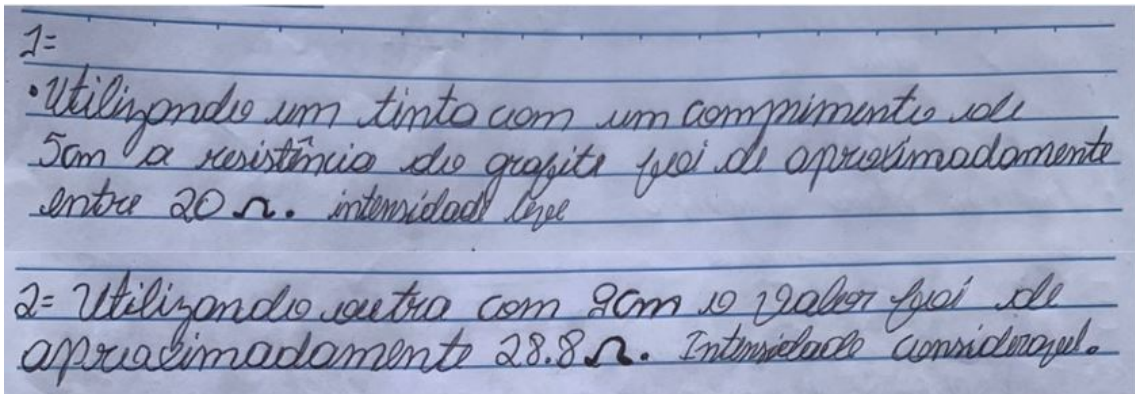
Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

É possível notar também uma anotação que mostra uma interação entre aluno-professor, em que o aluno afirma que o professor explicou de forma prática o funcionamento da resistência elétrica (Figura 30). Ademais, também se mostra presente a interação aluno-aluno, em uma das anotações está escrito que a colega de sala ficou animada em conseguir acender o LED.

Porém, antes disso o grupo passou por dificuldades em ligar o diodo emissor de luz, como mostra a Figura 31. “O grupo está tentando ver se a carga está presente pelo circuito. Obs.: Ian tá testando a carga da bateria, resultado -1? Obs.: Apparently our multimeter is broken. Culpária o Ian.”

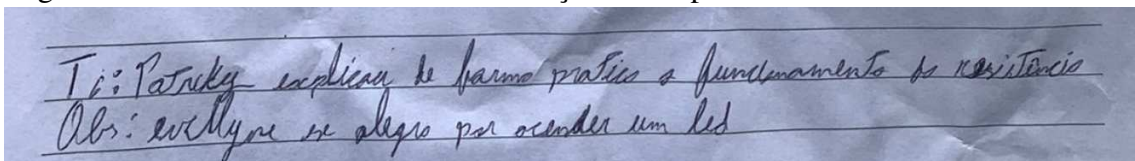
É notório que o grupo estava tentando usar o amperímetro para medir a corrente

Figura 29 – Comentário do discente a respeito da resistência da tinta condutiva com um novo comprimento.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

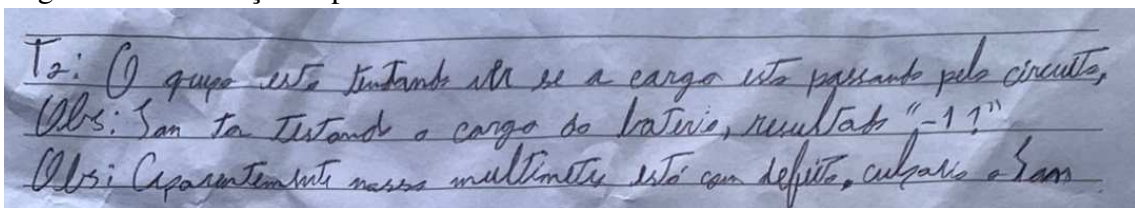
Figura 30 – Nota de um aluno sobre interação aluno-professor.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

elétrica que atravessava o circuito, porém encontraram dificuldade observando o valor -1 no leitor. Devido à dificuldade deles em manipular o multímetro, já que eram as primeiras vezes que lidavam com esse instrumento, é possível que no momento da anotação eles estivessem em outro aparelho de medida ou com a escala não apropriada.

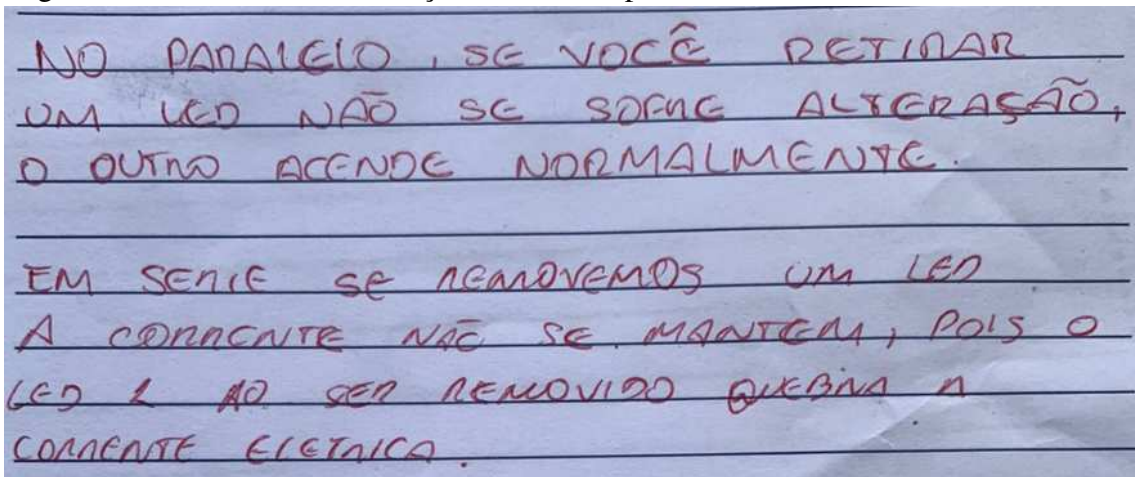
Figura 31 – Anotação experimental do discente.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

No conteúdo de associação de resistores para se chegar nas equações de resistência equivalente é preciso saber as características de cada ligação. Por exemplo, em uma ligação em série o valor da corrente elétrica deve ser o mesmo para cada equipamento conectado em série, ou seja, se um for removido os demais pararão de funcionar já que o circuito estará aberto. Outro fato importante nessa ligação é que a diferença de potencial é dividida para todos os equipamentos. Na Figura 32 um aluno comenta: “Em série se removermos um LED a corrente não se mantém, pois o LED ao ser removido quebra a corrente elétrica” e , também, “No paralelo, se você retirar um LED não se sofre alteração, o outro acende normalmente.”

Figura 32 – Notas sobre associações em série e paralelo de LED's.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

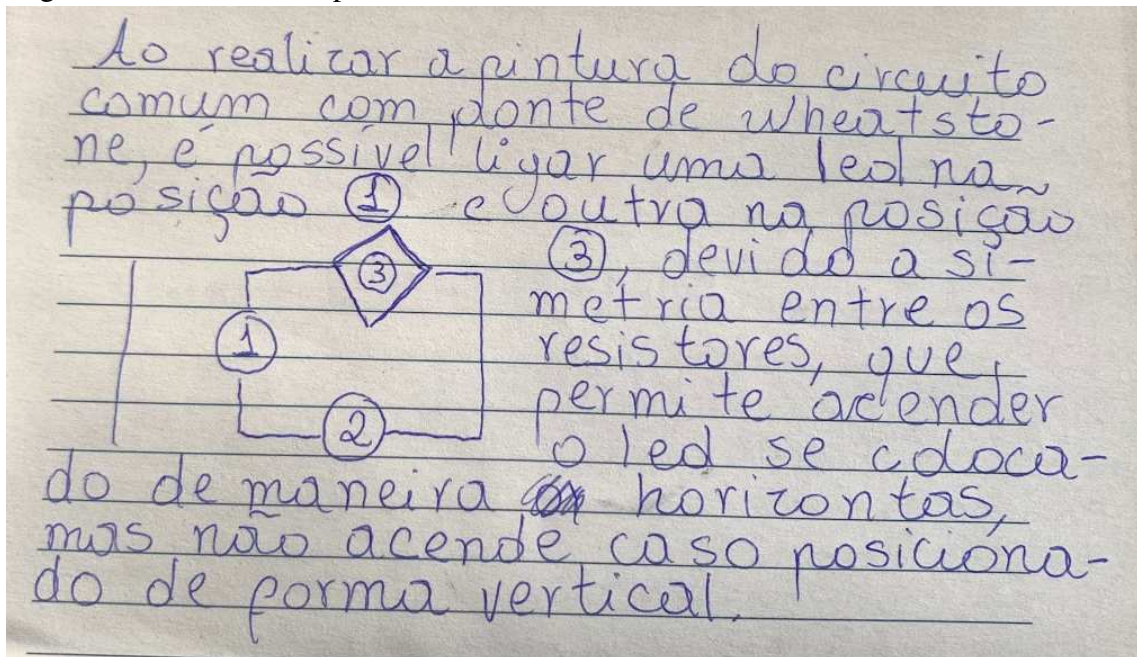
Esse resultado é bastante importante uma vez que, como foi percebido no pré-teste, os estudantes costumavam associar uma resistência a um elemento que dificulta a passagem de corrente elétrica. Perceberam, no entanto, que a retirada de uma resistência poderia “abrir” o circuito e proibir a passagem de corrente elétrica. Aproveitou-se esse momento com os alunos que as cargas que são alimentadas também possuem resistência interna.

Nas Figuras 33 e 34, encontra-se anotações sobre a prática de ponte de Wheatstone. O discente percebeu que por conta da simetria, ou seja mesma resistência elétrica, a diferença de potencial no resistor na “direção vertical” é nula e, conseqüentemente, não é possível acender o LED nessa referida posição.

Outra pergunta bastante feita durante as práticas é o motivo de não poder desenhar circuitos grandes e eles ao longo das práticas identificaram o motivo. Como mostra a Figura 34, diz-se: “se a figura for demasiada grande, vai oferecer uma resistência elétrica maior, não possibilitando a passagem de energia”. De fato, como a bateria é de 9V, caso a resistência elétrica seja muito grande a corrente elétrica percorrida no circuito será bem pequena podendo não acender o LED.

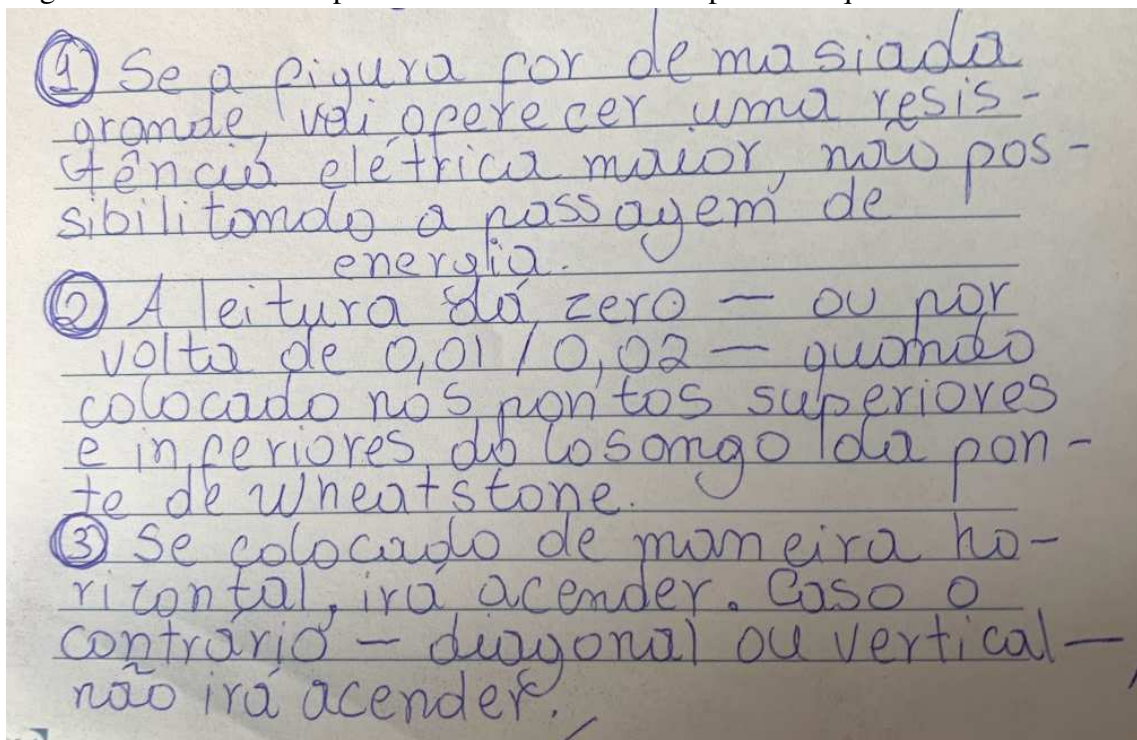
Aproveitou-se esse momento para discutir a relação entre a intensidade da corrente elétrica e a transmissão de energia. Foi discutido com os estudantes que mesmo correntes mais baixas são capazes de transmitir energia. Neste caso, a passagem de energia não é impossibilitada, mas sim a intensidade da corrente elétrica diminui com maiores resistências.

Figura 33 – Notas sobre ponte de Wheatstone.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

Figura 34 – Notas sobre ponte de Wheatstone com respostas do questionário.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

6.3 Análise do pós-teste e pós-práticas

No final das aulas experimentais foi aplicado um questionário para avaliar a aplicação do produto educacional. As questões seguiram um padrão que analisa os aspectos que envolvem a prática: formação de grupos, manipulação de equipamentos, materiais utilizados, formato

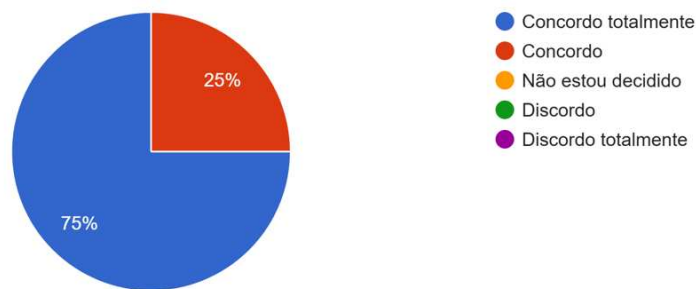
das aulas. Todas as perguntas podem ser consultadas na Tabela 3 e na Tabela 4. É importante comentar que as perguntas e respostas seguiram a escala de *Likert* que é um conjunto de declarações com base na percepção dos participantes que são levados a mostrar seu nível de concordância acerca de uma situação real ou hipotética. Neste caso os discentes foram levados a mostrar o nível de satisfação acerca do produto e da aplicação do produto educacional.

É importante ressaltar que apesar deste não ter sido o método utilizado para avaliar a aprendizagem dos estudantes proporcionada pelo produto educacional, ele é necessário para avaliar como se deu o engajamento dos estudantes sob o ponto de vista deles. Isso pode contribuir sobremaneira para a utilização do produto educacional em outros contextos.

Figura 35 – Respostas dos discentes à pergunta 1 do pós-teste.

Você concorda que este formato de aula ajudou na sua aprendizagem/fortalecimentos dos conceitos do assunto abordado?

16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

Sabe-se que o assunto de eletrodinâmica requer um nível de abstração altíssimo por parte dos alunos, imaginar os circuitos, as cargas em movimento, os resistores elétricos, os medidores elétricos é muito dificultoso por parte dos discentes. Os gráficos das Figuras 35 e 36 mostram que a indicação dos alunos confirmam que os formatos das aulas experimentais junto com as aulas teóricas auxiliam no fortalecimento dos conceitos (75% concordam totalmente e 25% concordam) e 62,5% concordam plenamente que foi possível a redução dos níveis de abstração, vale ressaltar que o significado de nível abstração adotado na pesquisa foi o reduzir o imaginário e associá-los aos circuitos reais. Para eles, ver na prática e fazer seu próprio circuito elétrico para acender LED's mudou a forma de aprender conceitos novos de Física.

Na Figura 38 indica que 62,5% dos estudantes acreditam que em algum momento de sua vida, ocasionalmente, eles utilizarão conceitos adquiridos nessas aulas de eletrodinâmica. Com o avanço da tecnologia e principalmente após pandemia do COVID-19 aumentou o hábito

Tabela 3 – Questionário de pós-teste aplicado via *google forms* para avaliar a aplicação do produto educacional.

Perguntas	Respostas
P1. Você concorda que este formato de aula ajudou na sua aprendizagem/fortalecimento dos conceitos do assunto abordado?	A) Concordo totalmente B) Concordo C) Não estou decidido D) Discordo E) Discordo totalmente
P2. Você concorda que o uso da tinta condutiva possibilitou diminuir o seu nível de abstração do assunto de eletrodinâmica?	A) Concordo totalmente B) Concordo C) Não estou decidido D) Discordo E) Discordo totalmente
P3. Você acredita que em algum momento da sua vida você irá utilizar conceitos adquiridos nessas aulas experimentais? Exemplo: corrente elétrica, diferença de potencial, potência elétrica e etc.	A) Muito frequente B) Frequentemente C) Ocasionalmente D) Raramente E) Nunca
P4. Você acredita que em algum momento da sua vida você irá utilizar equipamentos adquiridos nessas aulas experimentais? Exemplo: Usar o multímetro no cotidiano.	A) Muito frequente B) Frequentemente C) Ocasionalmente D) Raramente E) Nunca
P5. Você acredita que em algum momento da sua vida você irá utilizar técnicas adquiridas nessas aulas experimentais? Como por exemplo: saber como utilizar o voltímetro para determinar a diferença de potencial de alguma fonte.	A) Muito frequente B) Frequentemente C) Ocasionalmente D) Raramente E) Nunca
P6. Você concorda que a dinâmica com os colegas contribuiu para uma aula mais interativa?	A) Concordo totalmente B) Concordo C) Não estou decidido D) Discordo E) Discordo totalmente
P7. Em relação as aulas experimentais de Física você já participou de aulas nesse formato ativo? Formato ativo significa que você manipulou os instrumentos.	A) Muito frequente B) Frequentemente C) Ocasionalmente D) Raramente E) Nunca

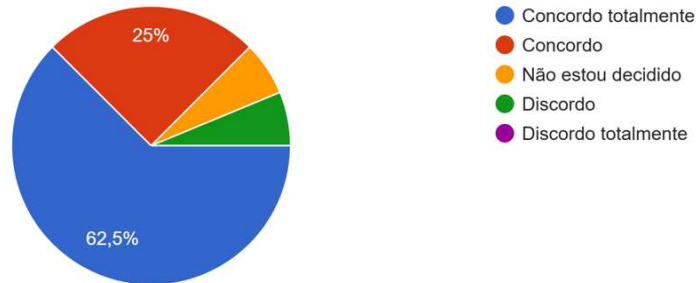
Fonte: elaborada pelo autor.

de realizar compras online e comprar equipamentos eletrônicos requer um conceito básico sobre diferença de potencial, logo, ocasionalmente o aluno terá que escolher que tipo de equipamento irá comprar (se é um de 220V ou de 110V) para a sua residência. Este conceito foi amplamente trabalhado durante as práticas, eles foram levados a descobrirem o que aconteceria se o LED

Figura 36 – Respostas dos discentes à pergunta 2 do pós-teste.

Você concorda que o uso da tinta condutiva possibilitou diminuir o seu nível de abstração do assunto de eletrodinâmica?

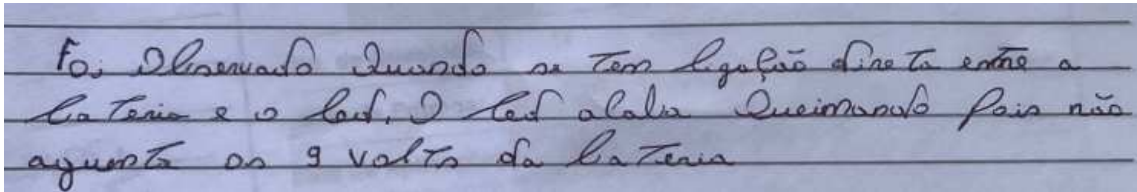
16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

fosse ligado diretamente na bateria de 9V e logo perceberam que o LED havia queimado, ou seja, levar equipamentos que operam em baixa voltagem a tensões superiores a ela danifica o equipamento. Na figura 37 o aluno percebeu que ligando o LED de 3V diretamente na bateria de 9V o equipamento era queimado. Perceba que foi verificado na prática o que acontece quando ligamos equipamentos em diferença de potenciais superiores aos da sua especificações.

Figura 37 – Anotação de um aluno sobre a prática experimental.



Fonte: fotografia dos dados da pesquisa (2024).

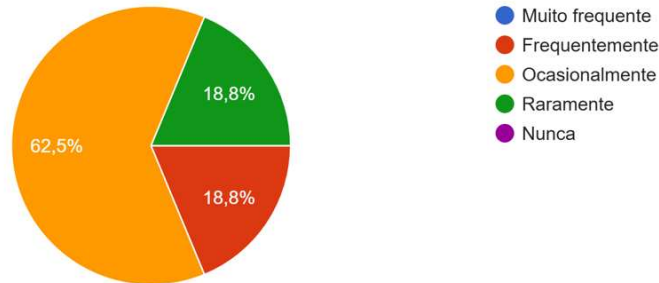
Quando questionados sobre a utilização dos equipamentos no seu cotidiano apenas 37,5% acreditam que ocasionalmente usariam o multímetro e 25% acreditam que nunca usariam o aparelho como mostra a Figura 39, então neste caso será necessário informá-los mais exemplo da utilização do medidor e sua importância em situações cotidianas. Mesmo fato é observado na Figura 40 em que 50% afirmam que ocasionalmente usariam técnicas adquirida nas práticas.

Já foi justificado com base nas teorias de Vygotsky que uma interação social pode ser significativo para os alunos. O gráfico da Figura 41 mostra que a grande maioria dos discentes concorda totalmente que a formação de grupos e o trabalho coletivo deixou uma aula mais interativa. Vale destacar que foi observado uma contribuição coletiva desde a montagem dos circuitos até na formação de novos conceitos.

Figura 38 – Respostas dos discentes à pergunta 3 do pós-teste.

Você acredita que em algum momento da sua vida você irá utilizar conceitos adquiridos nessas aulas experimentais? Exemplo: corrente elétrica, diferença de potencial, potência elétrica e etc.

16 respostas

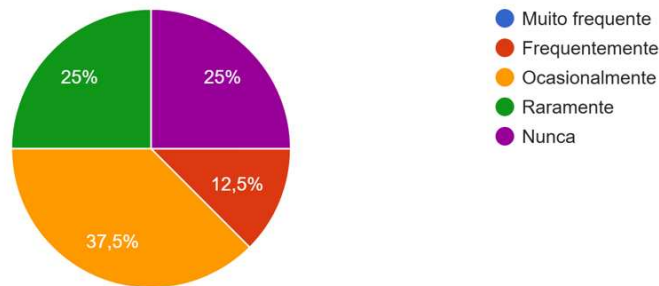


Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 39 – Respostas dos discentes à pergunta 4 do pós-teste.

Você acredita que em algum momento da sua vida você irá utilizar os equipamentos dessas aulas experimentais? Exemplo: Usar o multímetro no cotidiano.

16 respostas

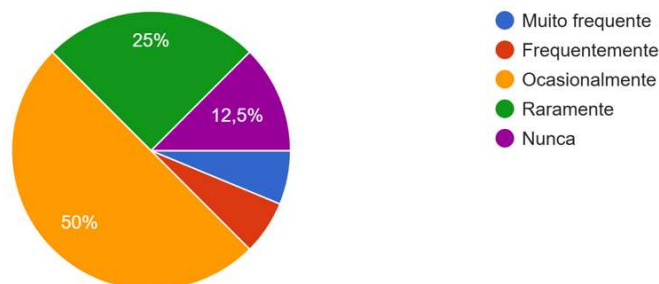


Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 40 – Respostas dos discentes à pergunta 5 do pós-teste.

Você acredita que em algum momento da sua vida você irá utilizar técnicas adquiridas nessas aulas experimentais? Como por exemplo: saber com...rminar a diferença de potencial de alguma fonte.

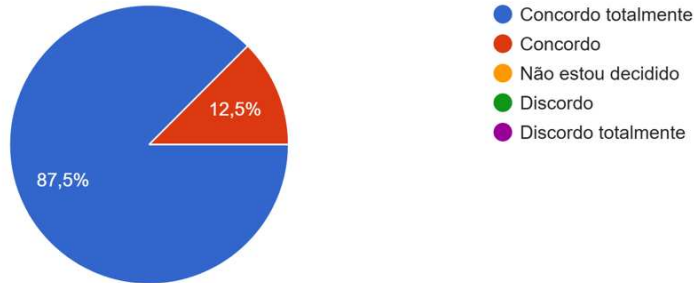
16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 41 – Respostas dos discentes à pergunta 6 do pós-teste.

Você concorda que a dinâmica com os colegas contribuiu para uma aula mais interativa?
16 respostas

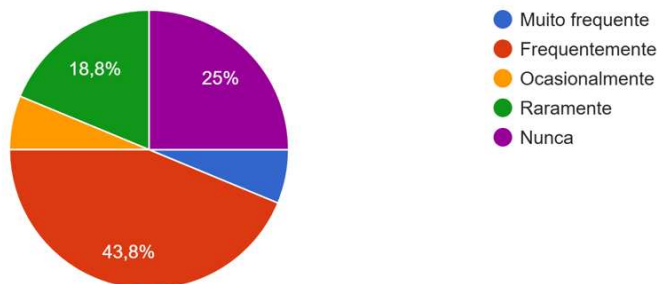


Fonte: elaborado pelo autor.

Os próximos gráficos (Figura 42,43 e 44) mostram a avaliação dos discentes em relação as atividades experimentais. É possível perceber que menos da metade (43,8%) tiveram aulas experimentais frequentemente. Aqui cabe ressaltar que a escola em que foi aplicado o produto não possui o laboratório de ciências e dificilmente foi observado práticas experimentais em turmas do Fundamental II e Médio, logo quando questionados posteriormente ao questionário sobre este fato, responderam que a resposta da questão era em relação as aulas experimentais deste produto educacional, ou seja, possivelmente estas práticas de eletricidade foram as primeiras aulas experimentais em que os alunos participaram de forma ativa manipulando instrumentos.

Figura 42 – Respostas dos discentes à pergunta 7 do pós-teste.

Em relação as aulas experimentais de Física você já participou de aulas nesse formato ativo?
Formato ativo significa que você manipulou os instrumentos.
16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

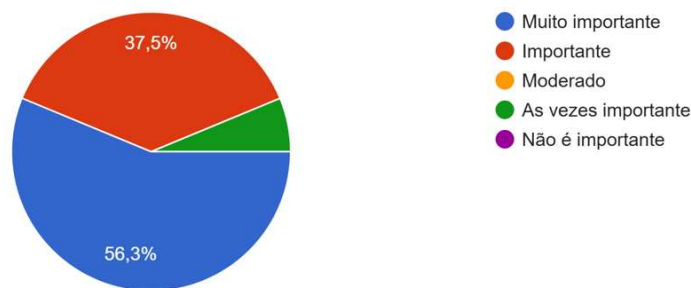
Quando perguntados sobre o estudo de circuitos com o uso da tinta 56,3% avaliaram ser muito importante e 37,5% acham importante a utilização dela. É um resultado agradável,

pois sabemos que imaginar circuitos reais é uma dificuldade apresentada por todos, as vezes contraintuitivo, imaginar fluxo de corrente, brilho de lâmpadas, divisão de corrente elétrica, circuitos em série e paralelo requer uma maturidade mental do educando, por isto é ideal a utilização de material físico e interativo para que possam ver estes conceitos na prática. A tinta que é de fácil produção se torna essencial para a visualização destes circuitos, produzida com materiais de baixo custo e podendo ser feitos diversos circuitos criativos, ademais 62,5% dizem que a autonomia na realização do experimento é importante, deixar com que o aluno seja ele mesmo instrumento de ensino-aprendizagem fortalece as concepções científicas.

Figura 43 – Respostas dos discentes à pergunta 8 do pós-teste.

Você acha importante estudar circuitos elétricos com o uso de experimentos (uso da tinta condutiva)?

16 respostas

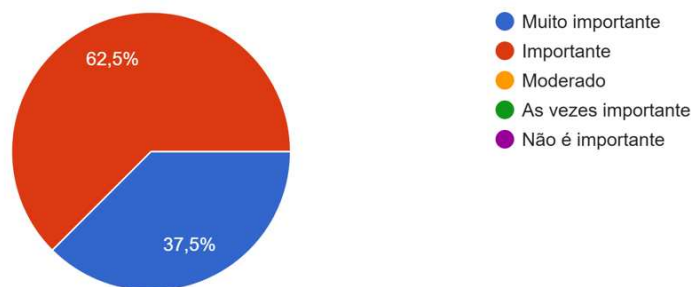


Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 44 – Respostas dos discentes à pergunta 9 do pós-teste.

Você considera importante a sua autonomia em grande parte na realização dos experimentos para ajudar no processo de aprendizagem?

16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 45 mostra que 100% da turma pelo menos concorda que as práticas

Tabela 4 – Questionário de pós-teste aplicado via *google forms* para avaliar a aplicação do produto educacional.

Perguntas	Respostas
P8. Você acha importante estudar circuitos elétricos com o uso de experimentos (uso da tinta condutiva)?	A) Muito importante B) Importante C) Moderado D) As vezes importante E) Não é importante
P9. Você considera importante a sua autonomia em grande parte na realização dos experimentos para ajudar no processo de aprendizagem?	A) Muito importante B) Importante C) Moderado D) As vezes importante E) Não é importante
P10. Você concorda que as práticas experimentais e a formação de grupos possibilitou um aumento da interação do professor com o aluno, e vice-versa?	A) Concordo totalmente B) Concordo C) Não estou decidido D) Discordo E) Discordo totalmente
P11. Durante a realização da prática, foi frequente uma divergência de ideias do seu grupo acerca dos assuntos abordados?	A) Muito frequente B) Frequentemente C) Ocasionalmente D) Raramente E) Nunca
P12. Você acha importante ter mais aulas desse tipo em Física e até mesmo em outras disciplinas?	A) Muito importante B) Importante C) Moderado D) As vezes importante E) Não é importante
P13. Você concorda que após essas aulas você ficou mais inspirado/interessado para estudar assuntos de física?	A) Concordo totalmente B) Concordo C) Não estou decidido D) Discordo E) Discordo totalmente
P14. Foi utilizado materiais simples e de baixo custo nas aulas experimentais. Indique aquele que mais te surpreendeu durante os experimentos.	A) LED B) Tinta condutiva C) Multímetro D) Baterias E) Equipamentos de segurança

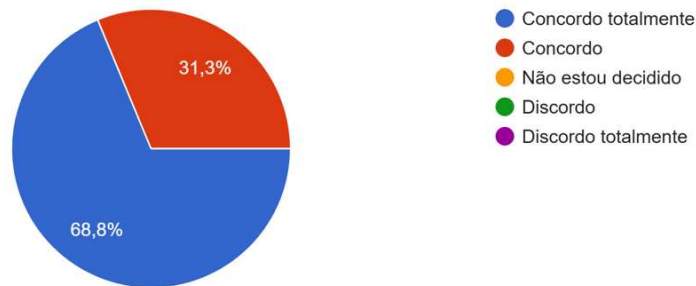
experimentais bem como a formação de grupos possibilitou uma maior interação entre as partes com 68,8% concordando completamente. Sabemos que isto é fundamental para a formação de novos conceitos, como visto anteriormente na teoria sociointeracionista. A formação do grupo e a discussão entre os alunos é fundamental para o desenvolvimento cognitivo, pois eles fazem parte do mesmo contexto social possibilitando o uso de uma linguagem adequada para a

formação dos conceitos em eletricidade.

Figura 45 – Respostas dos discentes à pergunta 10 do pós-teste.

Você concorda que as práticas experimentais e a formação de grupos possibilitaram um aumento da interação do professor com o aluno, e vice-versa?

16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

A formação de grupos e o trabalho em equipe possibilita que em algum momento haja discussão sobre a formalização dos novos conceitos e esta divergência deve ser discutidas primeiramente por eles e até que encontrem um consenso entre as ideias. O professor é quem medeia as divergências o que possibilita a construção dos conhecimentos que estão na zona potencial de desenvolvimento (ZPD) que como dito anteriormente é uma região em que ocorre o desenvolvimento cognitivo. No gráfico da Figura 46 mostra que 50% dizem que foram frequente a divergência de ideias do grupo, outros (cerca de 12,5%) falam que nunca teve esta divergência de ideias o que mostra a mutualidade entre os grupos, há aqueles que a interação é mais forte que é suficiente para possibilitar maiores discussões e aqueles em que a interação é mais fraca.

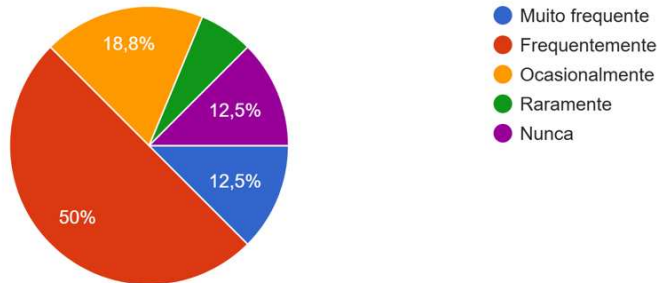
Como esperado, 87,5% dos alunos (Figura 47) afirmam ser muito importante aulas experimentais tanto em Física como em outra disciplina. É observado na maioria das vezes que eles gostam quando há uma quebra no seu cotidiano, aulas tradicionais tornam-se cansativas e há riscos de seu aparelho celular ser mais interessante que a aula ministrada, por isso, diferentes metodologias devem ser adotadas e bem planejadas.

Com o desenvolvimento das aulas teóricas e experimentais foi possível obter um maior interesse por parte dos discentes em relação ao estudos na Física, a curiosidade é um dos principais motivos para a busca do saber. A figura 48 mostra que 56,3% concordam e 31,3% concordam totalmente que por causa das práticas com a tinta condutiva eles ficaram mais interessados em estudar e pesquisar sobre os assuntos de eletrodinâmica. Foi possível notar uma animação com a construção de circuitos e a frustração com outros circuitos que não funcionavam

Figura 46 – Respostas dos discentes à pergunta 11 do pós-teste.

Durante a realização da prática, foi frequente uma divergência de ideias do seu grupo acerca dos assuntos abordados?

16 respostas

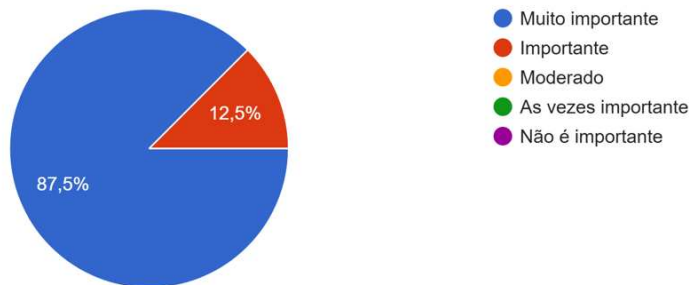


Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 47 – Respostas dos discentes à pergunta 12 do pós-teste.

Você acha importante ter mais aulas desse tipo em Física e até mesmo em outras disciplinas?

16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

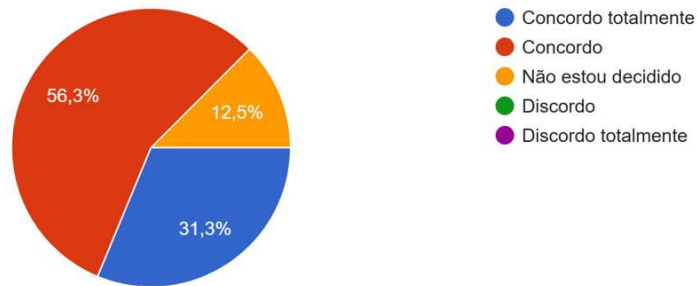
e quando se era notado isto a pergunta feita era: qual será o problema? para que eles identifiquem o próprio erro e possibilita a correção.

O gráfico da Figura 49 pergunta qual dos equipamentos utilizados na prática chamaram mais atenção dos alunos. A proposta do trabalho foi usar um experimento e baixo custo e realizar várias atividades experimentais qualitativas e usar a tinta como instrumento de ensino, por isso foi perguntado qual dos materiais que ele mais se surpreenderam a resposta foi que 43,8% ficaram surpreendidos com a tinta condutiva e 37,5% com os diodos emissor de luz. Isso demonstra que um simples equipamento de baixo custo pode trazer a atenção dos alunos para as aulas de Física e que não é necessário, prioritariamente, equipamentos mais complexos.

Figura 48 – Respostas dos discentes à pergunta 13 do pós-teste.

Você concorda que após essas aulas você ficou mais inspirado/interessado para estudar assuntos de física?

16 respostas

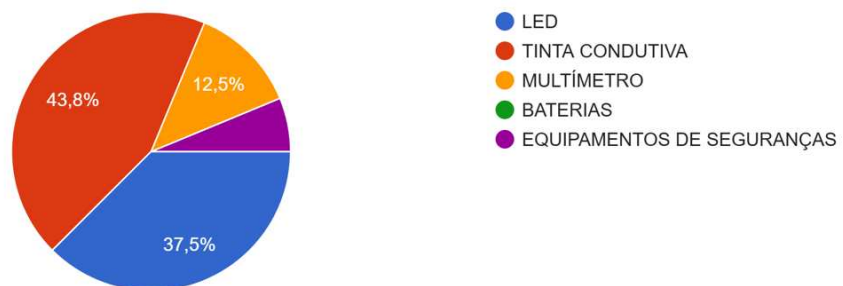


Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 49 – Respostas dos discentes à pergunta 14 do pós-teste.

Foram utilizados materiais simples e de baixo custo nas aulas experimentais. Indique aquele que mais te surpreendeu durante os experimentos.

16 respostas



Fonte: elaborado pelo autor.

7 CONCLUSÕES

Já foi discutido como o uso das atividades experimentais potencializa o processo de ensino-aprendizagem e é uma ótima aliada à proposta didática do professor. Neste trabalho, foi possível utilizar uma atividade prática com o uso de materiais de baixo custo com o apoio de uma sequência didática para explorar conteúdos de eletrodinâmica, tais como: resistência elétrica, circuitos simples, corrente elétrica, aparelho de medida elétricas e potência elétrica.

Para isso, foi confeccionado um produto educacional na forma de cartilha. A criação dele com uma linguagem acessível e práticas experimentais específicas proporcionou um recurso valioso para facilitar a compreensão desses tópicos e juntamente com a adoção de uma abordagem prática permitiu que os alunos se envolvessem mais profundamente com os conceitos teóricos, despertando sua curiosidade e motivação para aprender.

A análise dos resultados, obtidos através de questionários de pós-teste, revelou uma resposta positiva dos alunos em relação às práticas experimentais. A maioria dos alunos considerou importante o uso de experimentos para estudar circuitos elétricos e destacou a autonomia conferida durante a realização dos mesmos como um fator essencial para seu aprendizado. Além disso, a formação de grupos durante as práticas experimentais promoveu uma maior interação entre alunos e professores, fortalecendo o processo de ensino-aprendizagem como relata a teoria socio-construtivista de Vygotsky.

O estudo também evidenciou que o uso de materiais simples e acessíveis, como a tinta condutiva e os diodos emissores de luz, pode captar significativamente a atenção dos alunos, demonstrando que não é necessário utilizar equipamentos complexos e dispendiosos para estimular o interesse e o aprendizado. A tinta condutiva, em particular, foi destacada por sua facilidade de produção e versatilidade na construção de circuitos, permitindo aos alunos visualizar e compreender melhor os conceitos de eletrodinâmica.

Logo, a integração de experimentos práticos de baixo custo com uma sequência didática bem planejada é uma abordagem viável e benéfica para o ensino de conceitos de eletrodinâmica. Esta metodologia não apenas facilita a compreensão dos tópicos abordados, mas também promove o engajamento e a motivação dos estudantes, contribuindo para um aprendizado mais significativo e duradouro.

REFERÊNCIAS

- ALISON, F. G. **Social interaction and the development of language and cognition**. Hillsdale: [S. n.], 1992.
- ALVES FILHO, J. de P. **Atividade experimental: do método à prática construtivista**. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de ciências da educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2000.
- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. p. 176–194, jun. 2003.
- AUSUBEL, D. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.
- BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; MOURA Éliton Meireles de. Educação maker: onde está o currículo? **Rev e-Curric**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. p. 523–544, abr./jun. 2020.
- BÔAS, N. V.; BISCUOLA, G. J.; AND, R. H. D. **Tópicos de física: eletricidade, física moderna, análise dimensional**. 18. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. v. 3.
- BÔAS, N. V.; FOGO, R.; DOCA, R. H. **Tópicos de física 3: conecte live**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 291–313, jan. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, DF: [s. n.], 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: BNCC**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.
- CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física clássica 3: eletricidade e física moderna**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2012.
- CARNEIRO, M. M. P.; CAVALCANTE, A. A.; SILVA, F. M.; GUERRA, M. H. F. S.; SILVA, B. R. T. d.; ROMEU, M. C.; SALES, G. L. A systematic review on the teaching of electrodynamics. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. e235111032622, jul. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32622>. Acesso em: 18 mai. 2024.
- CORRALLO, M. V. **Atividades práticas experimentais para o ensino de Física: uma investigação utilizando a teoria do núcleo central**. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- DRISCOLL, M. P. **Psychology of learning and instruction**. Boston, U.S.A.: Allyn and Bacon, 1995.
- FERREIRA, G. P. **Robótica aplicada ao ensino de resistores**. 72 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 18. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1988.

GONÇALVES, A. C. **Sequência didática para aulas experimentais voltadas ao ensino de circuitos elétricos**. 152 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to electrodynamics**. 4th. ed. Boston, MA: Pearson, 2013. Disponível em: <https://cds.cern.ch/record/1492149>. Acesso em: 12 jan. 2024.

LUI, A. **White paper teaching in the zone: An introduction to working within the zone of proximal development (zpd) to drive effective early childhood instruction (white paper)**. [s. l.]: Children's Progress, 2012.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. **Física contexto e aplicações: ensino médio**. 1. ed. [s. l.]: Scipione, 2013.

MACHADO, K. D. **Eletromagnetismo**. 1th. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2002. v. 2.

MAGALHAES, M. C. C. Contribuições da pesquisa sócio-histórica para a compreensão dos contextos interacionais da sala de aula de línguas: foco na formação de professores. **the ESpecialist**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1–18, 2018.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. **Instituto de Física da UFRGS**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, 2010.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074>. Acesso em: 18 mai. 2024.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 43, p. e20200451, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Acesso em: 18 mai. 2024.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 108–117, jan. 1993. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7275>. Acesso em: 18 mai. 2024.

MOURA, E. M. d. **Formação docente e educação maker: o desafio do desenvolvimento das competências**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 3**. [S. l.]: Edgard Blücher Ltda, 2017.

O'CONNOR, J. J.; ROBERTSON, E. F. Georg simon ohm. **Mactutor**, [s. l.], jan. 2000. Disponível em: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Ohm/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

OLIVEIRA, I. N. d.; RAMOS, J. A.; SILVA, W. L.; CHAVES, V. D.; MELO, C. A. d. Estudo das propriedades do diodo emissor de luz (led) para a determinação da constante de planck numa maquete automatizada com o auxílio da plataforma arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Sociedade Brasileira de Física, [s. l.], v. 42, p. e20190105, 2020. ISSN 1806-1117. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0105>. Acesso em: 20 abr. 2024.

OLIVEIRA, M. M. L. d. **O papel da experimentação no ensino pela pesquisa em física** 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 135–151, jan. 2001. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6676>. Acesso em: 28 mai. 2024.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Meaningful Learning Review**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 25–46, 2011.

PAPERT, S. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PAULA, B. B. d.; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, T. d. Análise da crescente influência da cultura maker na educação: Revisão sistemática da literatura no Brasil. **Educitec**, Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, [s. l.], v. 7, p. e134921, jun. 2021. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/1349>. Acesso em: 23 jun. 2024.

REZENDE, C. A. P. d. **Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa sobre associação de resistores com uso da simulação virtual**. 126 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2017.

RIBEIRO NETO, J.; MAIA, L. E. d. O.; MENEZES, D. B.; VASCONCELOS, F. H. L. A cultura maker como metodologia ativa de ensino: contribuições, desafios e perspectivas na educação. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, [s. l.], p. 107–115, 2024. Disponível em: <https://revistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/11179>. Acesso em: 16 ago. 2024.

ROCHA FILHO, J. B. d.; COELHO, S. M.; SALAMI, M. A.; MACIEL, M. R.; SCHRAGE, P. U. Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 228–236, jan. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6548>. Acesso em: 16 jul. 2024.

SANTOS, B.; SILVA, L. Gomes da. Tinta condutora de baixo custo à base de pó de grafite low cost conductive ink based on graphite powder. **Revista Científic@ Universitas**, Itajubá, v. 5, n. 2, p. 109–115, jul./dez. 2018.

SILVA, F. H. S. da. **Sequência didática de eletrodinâmica utilizando LEDs em circuitos elétricos simples**. 86 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SOUSA, I. F. de. **Circuitos elétricos resistivos na plataforma Tinkercard Arduíno**: sequência didática através da teoria de 83 aprendizagem de Ausubel. 98 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2021.

SOUZA, R. B.; DRABESKI, R. G.; PEREIRA, C. A. Conceitos de eletricidade trabalhados segundo a metodologia de aprendizagem baseada em problemas. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 8, p. e659986208, 2020.

TINOCO, V. **Utilização de sistemas de energia elétrica de corrente alternada com Arduíno: uma sequência didática para a aprendizagem de conceitos de eletrodinâmica**. 121 f. Dissertação (Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2024.

VERONEZI, R. J. b.; DAMASCENO, B. P.; FEERNANDES, Y. B. Funções psicológicas superiores: origem social e natureza mediada. **Revista Ciências Médicas**, [s. l.], v. 14, n. 6, 2005.

VIEIRA, L. D. **O uso do simulador PhEt para o ensino de associação de resistores**. 77 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, Goiás, 2015.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 2th. ed. [s. l.]: Martins Fontes, 1988. 168 p.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. 14. ed. [s. l.]: Pearson Education do Brasil, 2015.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA CONHECIMENTOS
PRÉVIOS DA TURMA**

Questão 1. O que é eletricidade? Comente um pouco sobre.

Questão 2. O que é um condutor elétrico? Escreva o que você acha.

Questão 3. O que é um isolante elétrico? Escreva o que você acha.

Questão 4. Para que serve uma pilha (bateria) de um circuito elétrico?

Questão 5. Você sabe o que é corrente elétrica? Comente um pouco sobre.

Questão 6. Você sabe o que é resistência elétrica? Qual sua principal função? comente.

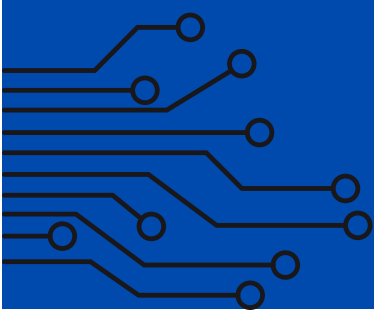
Questão 7. Você já utilizou alguma vez um multímetro? Se sim, você sabe como mexer nele?

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

TINTA CONDUTIVA:

uma abordagem *maker* de circuitos elétricos

O produto educacional apresentado a seguir constitui-se de uma cartilha com um resumo do conteúdo de circuitos elétricos, uso de instrumentos de medidas, produção de uma tinta condutiva e mais quatro práticas experimentais que podem ser utilizadas para o ensino de circuitos elétricos para uma turma de ensino básico.



TINTA CONDUTIVA

**Uma abordagem maker
de circuitos elétricos**

Prof. Patriky Souza Rocha

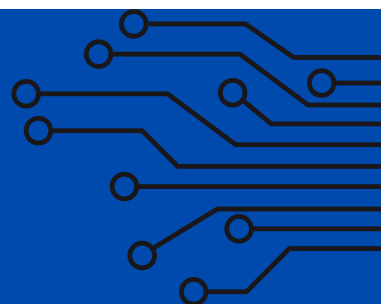
**Orientador: Prof. Dr. Fernando Wellysson
de Alencar Sobreira**

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ



Apresentação

Caro leitor(a)!

Este produto educacional se trata da utilização de uma tinta condutiva, produzida com um material de baixo custo para ajudar no processo de ensino e aprendizagem do assunto de circuitos elétricos. Sabe-se que ministrar aulas de eletrodinâmica envolve um altíssimo nível de abstração por parte do aluno. Entretanto, uma das formas de reduzir o nível de abstração é aplicar aulas práticas em conjunto com as teóricas.

O material está dividido em 4 práticas podendo ser aplicada após a aula teórica. A primeira prática é sobre resistência elétrica em que será aprendido a manusear um ohmímetro e entender e visualizar uma resistência elétrica. A segunda prática é sobre circuitos elétricos na qual será estudado os brilhos de led's de forma qualitativa, manuseio de aparelhos elétricos e estimular a criatividade.

As duas últimas práticas são sobre associações de resistores, mais precisamente a terceira é uma associação de LED's em série e em paralelo, estudando as principais características dessas ligações. Por último será realizado uma prática sobre a ponte de Wheastone, na qual serão investigadas as condições para se obter uma diferença de potencial nula.

Fundamentação teórica

São diversos os componentes de circuitos elétricos que estão presentes nos aparelhos eletrônicos. Um que podemos destacar é o resistor (Figura 1), ele oferece uma resistência à passagem de corrente elétrica e com isso limitam essa passagem. Quando os elétrons passam por esses componentes eles esquentam devido as colisões com os átomos do resistor. Essa conversão de energia elétrica em térmica chamamos de Efeito Joule.

Figura 1: Resistores.



Fonte: canva imagens.
Acesso 07 de março de 2024

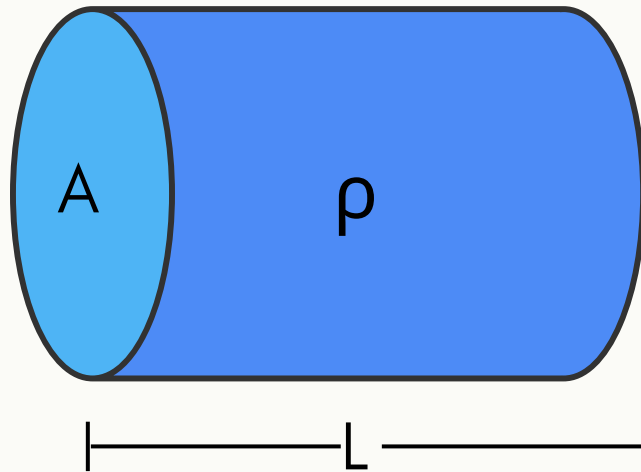
Cada resistor possui um valor de resistência elétrica, observe que na Figura 1 cada resistor possui sequências de cores diferentes, isso significa que cada um possuem resistências distintas. O físico alemão Georg Simon Ohm (1789-1854) formulou duas leis básicas que são utilizadas para analisar circuitos elétricos: equação 1 que relaciona a proporcionalidade entre diferença de potencial e corrente elétrica para resistores ôhmicos, ou seja, aqueles que possuem uma resistência constante.

$$U=Ri \quad (1)$$

A equação 2 mostra como calcular a resistência elétrica para condutores ôhmicos. Veja

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2)$$

Em que ρ é a resistividade elétrica e é característica do material, L é o comprimento e A a área do condutor. Veja a representação abaixo que mostra um condutor com sua área transversal e seu comprimento.



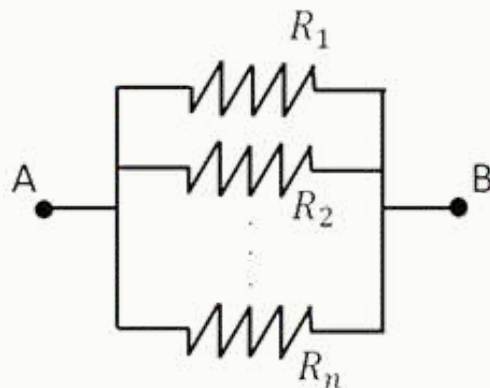
Os resistores podem ser associados em **série**, que é quando um terminal de saída do primeiro resistor é ligado ao terminal de entrada do segundo, como mostra a Figura 2, ou podem ser associados em **paralelo** que é quando eles estão ligados pelo mesmo terminal (Figura 3).

Figura 2: Associação de resistores em série.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 3: Associação de resistores em paralelo.



Fonte: elaborada pelo autor.

Para uma ligação em **série** a soma da diferença de potencial sobre cada resistor é igual à diferença de potencial da pilha, ou seja, para se calcular a resistência equivalente, R_E , (uma única resistência que substitua as outras) basta somar todas as resistências associadas em série.

$$R_E = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (3)$$

Para uma ligação em **paralelo** a soma da corrente elétrica que passa por cada resistor é igual à corrente total do circuito, ou seja, para se calcular a resistência equivalente, R_E , (uma única resistência que substitua as outras) basta realizar uma soma inversa de todas as resistências associadas em paralelo como mostra a Equação 4.

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (4)$$

I. Circuitos elétricos

Os circuitos elétricos estão presentes diariamente em nossas vidas, por exemplo, as fiações elétricas das residências, os interruptores que acendem e desligam as luzes. Os circuitos simples são compostos por uma bateria, fios e um resistor elétrico. Em livros didáticos é comum observar desenhos (esquemas) de circuitos e cada componente tem uma representação (Figura 1).

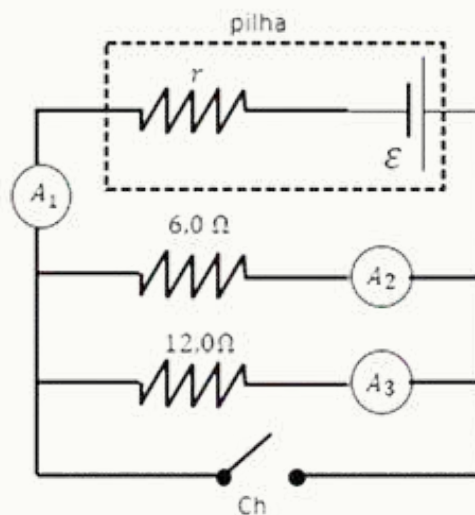


Figura 1: Representação de um circuito elétrico.
Elaborado pelo autor.

Os aparelhos eletrodomésticos e as lâmpadas das residências, na maioria das vezes, são ligados em paralelo, pois se um aparelho queimar ou parar de funcionar os outros não serão afetados. Para representar essas ligações pode-se montar representações de circuitos.

Pode-se ligar resistores em série ou em paralelo juntos em um circuito, é importante lembrar que quando os Led's estiverem em paralelo terá uma divisão de corrente elétrica destacando a mesma diferença de potencial em ambos. Já quando estiverem ligados em série os Led's percorrerão a mesma intensidade de corrente elétrica.

Pela equação de potência elétrica:

$$Pot = R \cdot i^2 \quad (1)$$

considerando Led's idênticos observa-se um mesmo brilho na associação em série, pois não há divisão de corrente. Agora, se a associação for em paralelo eles também terão o mesmo brilho pois a d.d.p. é a mesma.

$$Pot = \frac{U^2}{R} \quad (2)$$

Nesse último caso, se fosse substituído um LED para outro que possua uma resistência maior, seu brilho seria reduzido de acordo com a Equação 2.

2. Aparelhos de medidas elétricas

Você pode chegar em uma loja de aparelhos eletrônicos e pedir um multímetro semelhante ao da Figura 2.1. Este aparelho é bem barato e composto por três aparelhos independentes o ohmímetro localizado pelo simbolo omega (Ω), o amperímetro representado pelas letras DCA (ver figura) e por último o voltímetro (que há dois tipos) um para voltagem alternada (ACV) e o outro para voltagens contínuas (DCV). A seguir mostrarei um resumo sobre cada função e sua utilização no cotidiano.

2.1 O OHMÍMETRO

O dispositivo utilizado para a medição direta de resistências é conhecido como ohmímetro. Em muitos casos, o ohmímetro é integrado a um voltímetro e a um amperímetro, formando um único aparelho denominado multímetro.

Figura 2.1: Multímetro digital: UNITY DT830D.



Fonte: elaborada pelo autor.

Nesta prática usaremos um ohmímetro que apresenta escalas que vão de 200Ω até $2000 \text{ k}\Omega$, observe o círculo vermelho na Figura 2.1.

A escala de 200Ω é adequada para medir resistências até 200Ω , enquanto a escala de 2000Ω deve ser escolhida para resistências na faixa de 200Ω a 2000Ω , e assim por diante, seguindo um padrão de aumento gradual. Quando uma resistência excede o limite da escala selecionada, o multímetro indicará uma leitura como "1." ou similar, indicando que está fora da faixa de medição adequada. Nesse caso, é necessário mudar para uma escala maior para obter uma leitura precisa. Quando possível, é recomendável selecionar a escala menor para obter mais algarismos significativos na leitura, garantindo uma medição mais precisa.

CUIDADOS AO MEDIR COM O OHMÍMETRO:

- a) Faça a conexão da ponta de prova preta ao terminal "COM" (comum ou terra) e a ponta de prova vermelha ao terminal " $V\Omega\text{mA}$ " (positivo). Embora o ohmímetro possa ser utilizado sem distinção de polaridade, é essencial que você sempre siga essa convenção.
- b) Selecione a escala apropriada de acordo com o valor da resistência a ser medida.
- c) Verifique se o resistor que está sendo medido não está conectado a nenhum outro resistor ou fonte.
- d) Assegure-se de que haja um bom contato entre as pontas de prova e os terminais do resistor.
- e) Evite tocar nas partes metálicas das pontas de prova durante a medição, pois a resistência do seu corpo pode afetar o resultado da medida.

2.2 AMPERÍMETRO

O amperímetro é um instrumento de medição elétrica projetado para avaliar a corrente elétrica em um circuito. Este dispositivo é inserido em série com o componente ou circuito que está sendo testado, permitindo que a corrente flua através dele. A unidade de medida para corrente elétrica é o ampère (A), e o amperímetro é calibrado para fornecer leituras precisas desse parâmetro. O uso principal do amperímetro reside na verificação do fluxo de corrente em diversos circuitos elétricos, fornecendo informações cruciais para garantir que a corrente seja mantida dentro dos limites seguros do sistema e para solucionar problemas elétricos identificando correntes anormais ou falhas no circuito.

Figura 2.2: Multímetro digital: UNITY DT830 e escala amperímetro.



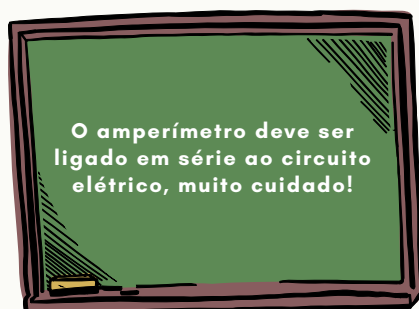
Fonte: elaborada pelo autor.

Perceba que o nosso amperímetro apresenta escalas de $200\mu\text{A}$, 20mA , 200mA e 10A . Observe o círculo vermelho da Figura 2.2.

A escala de $200\mu\text{A}$ é adequada para medir correntes elétricas até $200\mu\text{A}$, a 20mA serve para medir correntes elétricas até 20mA e assim sucessivamente. É importante começar a medida com uma escala maior e ir reduzindo para evitar de danificar o equipamento.

CUIDADOS AO MEDIR COM O AMPERÍMETRO:

- Faça a conexão da ponta de prova preta ao terminal "COM" (comum ou terra) e a ponta de prova vermelha ao terminal " $V\Omega\text{mA}$ " (positivo).
- Selecione a escala apropriada.
- Verifique se o amperímetro está ligado em série ao circuito.
- Assegure-se de que haja um bom contato entre as pontas de prova e os terminais da tinta, caso necessário utilize a fita isolante.
- Evite tocar nas partes metálicas das pontas de prova durante a medição.



Observe a ligação dos terminais na tinta, neste caso não há divisão de corrente elétrica.

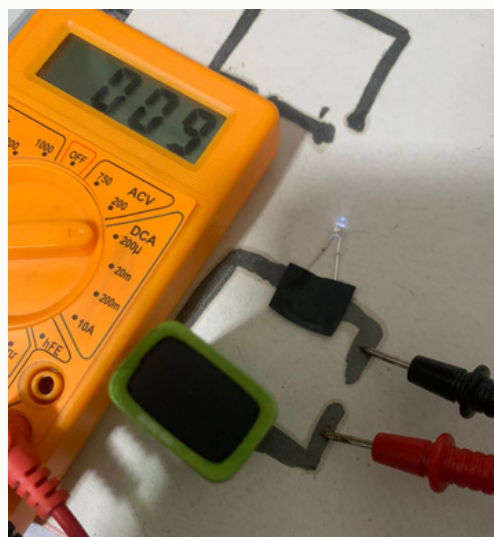
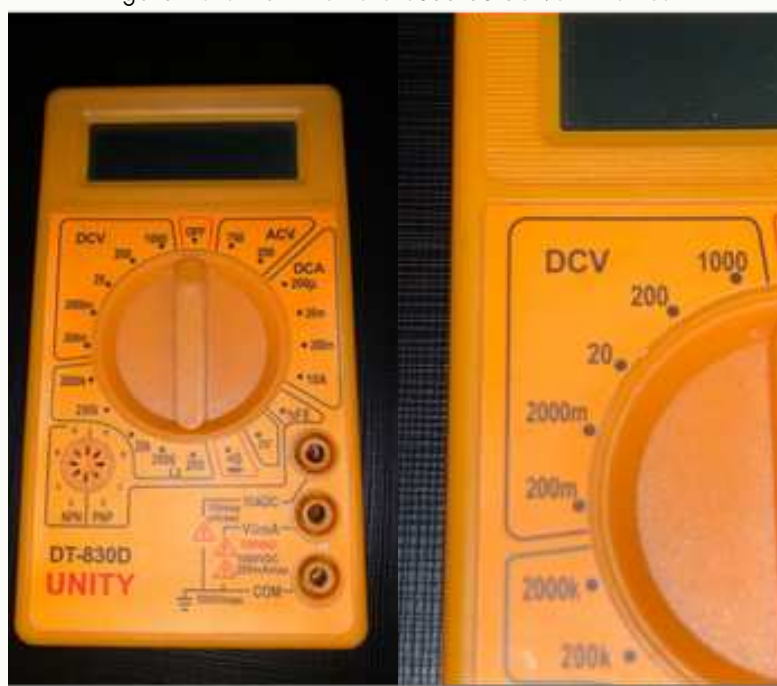


Figura 2.3: ligação em série do amperímetro
Fonte: elaborado pelo autor.

2.3 VOLTÍMETRO

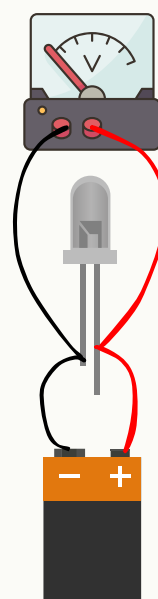
O voltímetro é um instrumento de medição elétrica projetado para avaliar a diferença de potencial elétrico entre dois pontos em um circuito. Operando em paralelo ao componente que está sendo testado, o voltímetro permite aferir a tensão elétrica, expressa em volts (V).

Figura 2.4: multímetro e escalas do voltímetro.



Fonte: elaborado pelo autor.

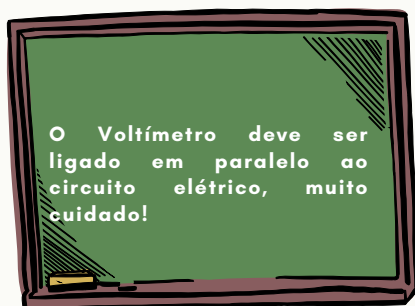
Observe pela figura ao lado que o voltímetro está ligado em paralelo com o LED, indicando uma leitura de diferença de potencial sobre o diodo emissor de luz.



Nas práticas usaremos o aparelho DCV, perceba que na Figura 2.4 há várias escalas, 200mV, 2000m, 20V, 200V e 1000V. As escalas funcionam como já dito para o ohmímetro e o amperímetro. Vamos relembrar... a escala 200mV ler tensões até 200mV. Como usaremos uma fonte de tensão contínua de 9V a escala que usaremos é até a 20V.

CUIDADOS AO MEDIR COM O VOLTÍMETRO:

- a) Faça a conexão da ponta de prova preta ao terminal "COM" (comum ou terra) e a ponta de prova vermelha ao terminal "V Ω mA" (positivo).
- b) Selecione a escala apropriada.
- c) Verifique se o voltímetro está ligado em paralelo ao circuito.
- d) Assegure-se de que haja um bom contato entre as pontas de prova e os terminais da tina, caso necessário utilize a fita isolante.
- e) Evite tocar nas partes metálicas das pontas de prova durante a medição.



Apresentação dos resultados.

Caro aluno, em todas as práticas faremos uma apresentação em grupo dos resultados obtidos durante a prática. Nesta etapa é essencial que o grupo mostre os resultados obtidos para os demais colegas. Primeiro faça uma discussão com os seu grupo sobre os resultados obtidos, comente seus acertos, suas possíveis falhas e chegue a conclusões das perguntas feitas em cada prática.

No segundo momento é hora de dividir o conhecimento com a turma. Fale de seus resultados, métodos, ideias e realização da prática para seus colegas. Se suas ideias estiverem de acordo com as dos colegas, eles levantarão uma placa verde sinalizando a coerência.

Caso o grupo discorde dos resultados obtidos eles levantarão uma placa vermelha, sinalizando a discordância. Essa divergência de ideias é essencial para que o grupo entre em concenso e compartilhe as ideias.



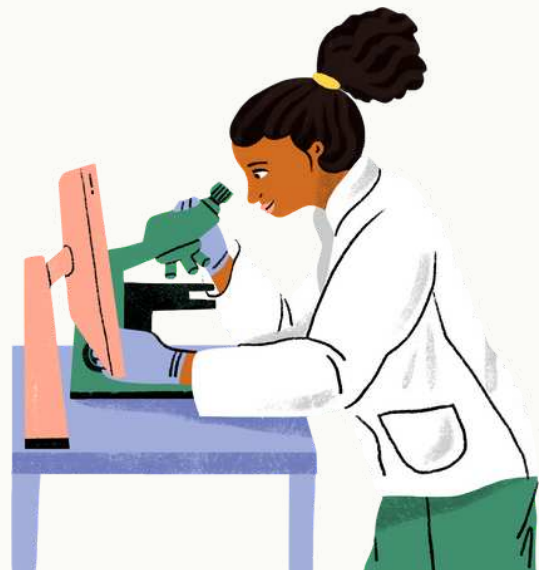
Levante caso concorde com os resultados do colega.

Levante caso discorde com os resultados do colega.





PRÁCTICAS



Prática 0: Tinta condutiva

Nessa primeira prática vamos aprender a fazer a tinta condutiva e aprender a utilizar alguns equipamentos de segurança.

Materiais necessários:



Solvente



Grafite
em pó



Seladora madeira



Pote de
vidro



Máscaras
e luvas



CUIDADO!

Não esqueça de utilizar os EPIS (luvas e máscara) de forma correta.

1°

Produção da tinta: Separe um recipiente em vidro ou plástico, pode ser um copinho de café, por exemplo. O volume do seu recipiente depende da quantidade de tinta que você queira produzir. Como vamos utilizar somente para estudo, faremos uma pequena quantidade que renderá por todas as práticas.

Usaremos a seguinte proporção: **duas** medidas (copinho de café) do grafite em pó. **Um** copinho de seladora de madeira e por fim **um** copinho de solvente.

2°

3°

O próximo passo é misturar bem os ingredientes. Você deve ter percebido um forte cheiro do solvente, por isto estamos realizando esta prática em um ambiente aberto e com máscaras. Isto evita que possamos sentir alguma tontura. Independentemente, sempre se proteja!

Vamos para uma observação: cada vez que for utilizar a tinta é necessário deixar a tinta bem homogênia, com o tempo as partículas do pó de grafite irão se depositar no fundo do recipiente. Caso você realize a prática sem uma mistura homogênia, pode ser que a tinta não conduza eletricidade, se certifique disto.

4°

5°

Sua tinta já está pronta para uso, mãos a obra!

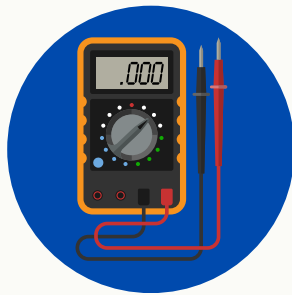
Prática 1: Resistência elétrica

Nessa primeira prática vamos aprender a utilizar o ohmímetro digital. Feito isso, faremos medidas de resistência e tentaremos compará-las.

Materiais necessários:



Tinta
condutiva



Multímetro



Pincéis



Folha de
papel



Máscaras
e luvas



CUIDADO!

Não esqueça de utilizar os EPIS (luvas e máscara) de forma correta.

Vamos fazer as primeiras medidas de resistência:



1º

pegue uma folha em branco e dê uma pincelada

2º

pegue o multímetro, coloque na posição ohmímetro (comece com uma escala maior e vá reduzindo) e faça a medida de resistência elétrica.



4°

na mesma folha dê outra pincelada agora com um maior tamanho



5°

Pegue o multímetro, coloque na posição ohmímetro (comece com uma escala maior e vá reduzindo) e faça a medida de resistência.



Responda agora na folha: o que aconteceu com o valor da resistência quando você aumentou o comprimento?

Agora vamos fazer um novo teste para comprovar isso.



na mesma folha dê outra pincelada agora com um menor tamanho em relação a primeira

6°



7°

pegue o multímetro, coloque na posição ohmímetro (comece com uma escala maior e vá reduzindo) e faça a medida de resistência.



Responda agora na folha: o que aconteceu com o valor da resistência quando você aumentou o comprimento? Qual a relação matemática você pode concluir?

1. A resistência é diretamente proporcional ao comprimento (tamanho)
2. A resistência é inversamente proporcional ao comprimento (tamanho)

Justifique sua resposta.

1.1 Questionário

Em uma folha em branco, responda as seguintes questões.

- 1) Qual é a função principal de um resistor em um circuito elétrico? Cite alguns exemplos de equipamentos que utilizam resistor.
- 2) Explique com suas palavras o significado físico de resistência elétrica. O que é um resistor?
- 3) Qual a diferença entre resistores ôhmicos e não-ôhmicos?
- 4) A tinta é considerada que tipo de resistor?
- 5) Como você poderia calcular a resistividade dessa tinta? Comente.
- 6) Suponha que a espessura de uma folha de papel A4 é 1,65 mm e que você pinte uma resistência de $10,2\text{k}\Omega$ com dimensões de 6cm de largura e 0,5cm de altura. Calcule qual será a resistividade da tinta. Dica: utilize a lei de Ohm.

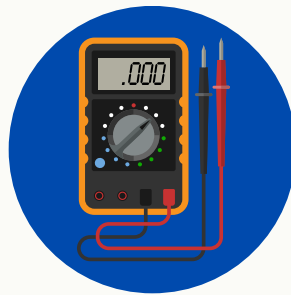
Prática 2: circuitos simples

Nessa segunda prática vamos aprender a fazer circuitos simples, estudar qualitativamente os brilhos dos LED's e observar medidas de corrente elétrica e diferença de potencial, tudo isso utilizando o mesmo multímetro da aula passada.

Materiais necessários:



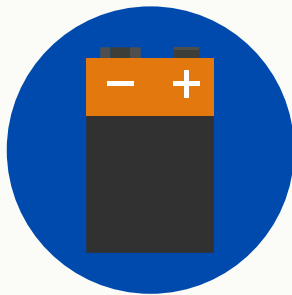
Tinta condutiva



Multímetro



Pincéis



Bateria de 9V



Folha de papel



Máscaras e luvas



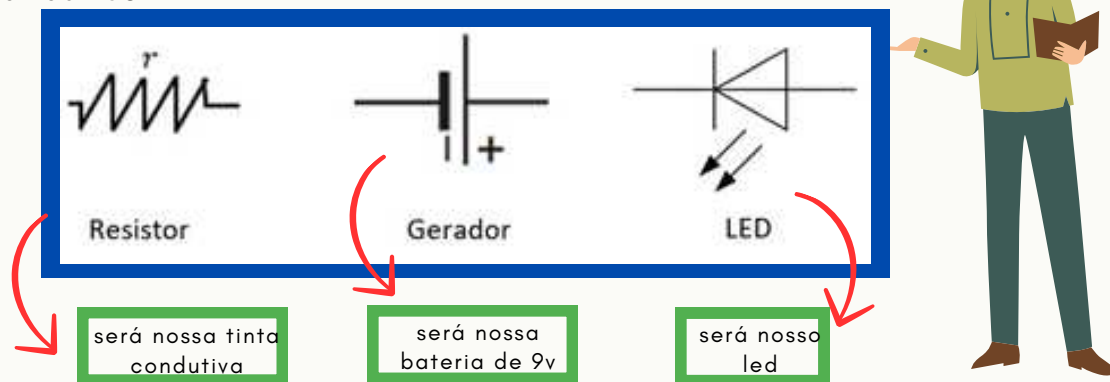
Diodo emissor de luz



Fita isolante

Agora chegou o momento de desenhar circuitos elétricos e ver na prática como eles funcionam! Antes disso precisamos relembrar algumas coisas, vamos lá!

1) Representações gráficas dos componentes dos circuitos



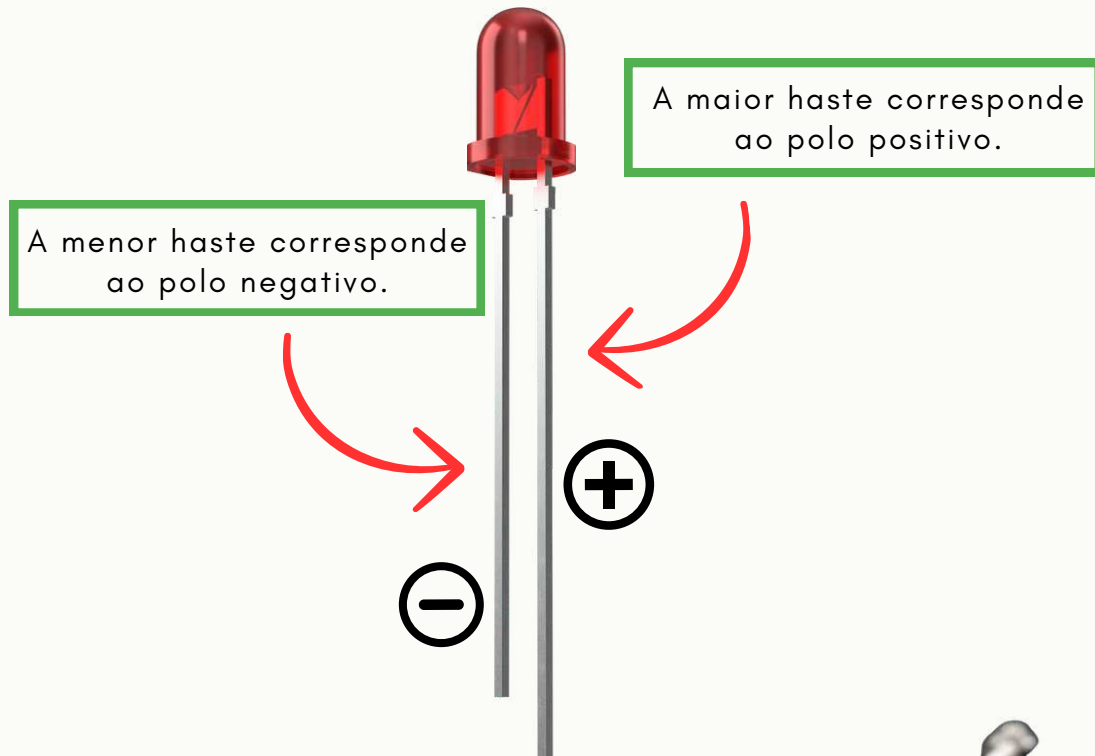
Na ligação dos circuitos as polaridades do gerador e do led terão que estar ligadas corretamente, ai vai um resumo!



Na própria bateria vem indicado o polo negativo e o polo positivo.



Já para o LED precisaremos ter um pouco mais de cuidado...



Se caso as hastes do LED sejam danificadas ainda é possível identificar as polaridades pelo chanfro dele, ou seja, no local que for plano a polaridade é negativa.



é importante lembrar que os led's não funcionam em qualquer tensão, os que utilizaremos nessa prática só recebem um limite máximo de tensão, mostrado na tabela ao lado

Cor	Tensão (V)	Corrente (Mah)
Vermelho	2.0-2.2	20
Amarelo	2.0-2.2	20
Verde	3.0-3.2	20
Azul	3.0-3.2	20
Branco	3.0-3.2	20

Vamos para a prática!



1º passo: separe uma folha de papel em branco e desenehe o circuito simples indicado na figura abaixo.



CUIDADO!

O desenho não pode ser muito grande.

Para conectar os componentes do circuito, deixe pelo menos uma abertura de 0,5 cm

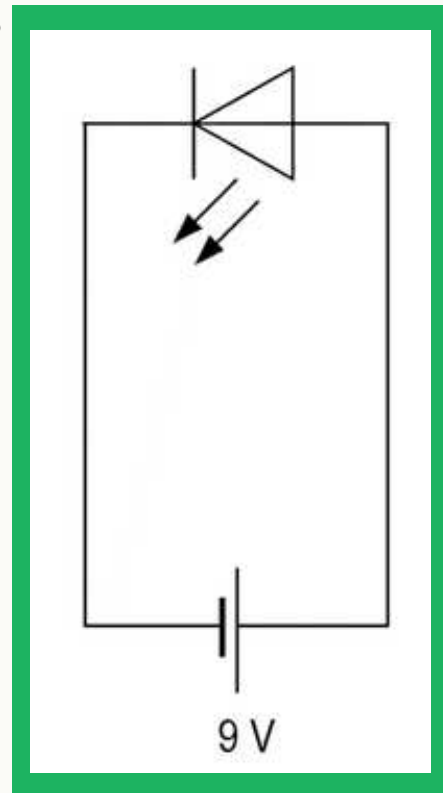
2º passo: escolha um LED e ligue-o corretamente a bateria de 9V.

3º passo: Responda na própria folha

1) O led acende se você ligar em qualquer polaridade? inverte as polaridades e observe.

2) O Led escolhido funciona em qual diferença de potencial? Essa diferença é menor que a da bateria? Se sim, por que o Led não queimou?

3) Monte um novo circuito mudando o tamanho dele e veja o que acontece com o brilho do LED. Por que esta diferença?



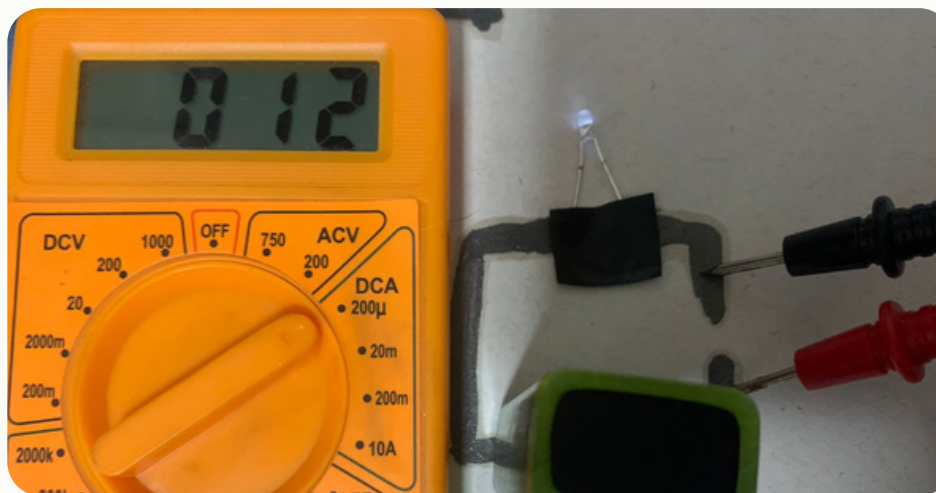
Vamos para a prática!



4º passo: Na mesma folha desenhe o circuito simples indicado na figura abaixo, só que agora deixe um espaço para colocar um amperímetro.

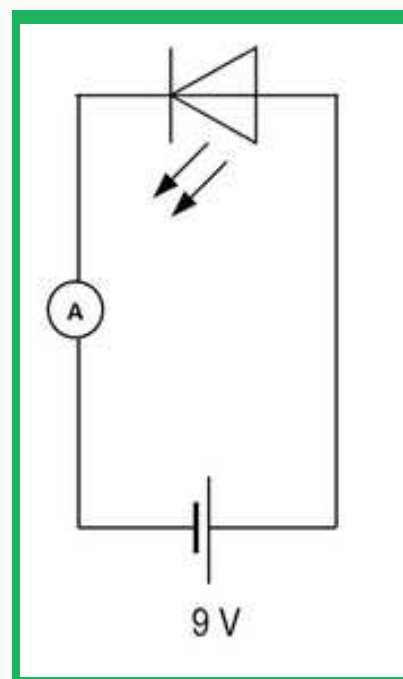


⚠ CUIDADO!
O desenho não pode ser muito grande.



5º passo: Responda na própria folha

- 1) Qual o valor registrado pelo amperímetro?
- 2) Por que se deve ligar o amperímetro em série ao circuito? Caso você colocasse o amperímetro em paralelo com o Led, o que poderia acontecer?



Vamos para a prática!



3) Monte um novo circuito mudando o tamanho dele e veja o novo valor registrado pelo amperímetro. Por que esta diferença?

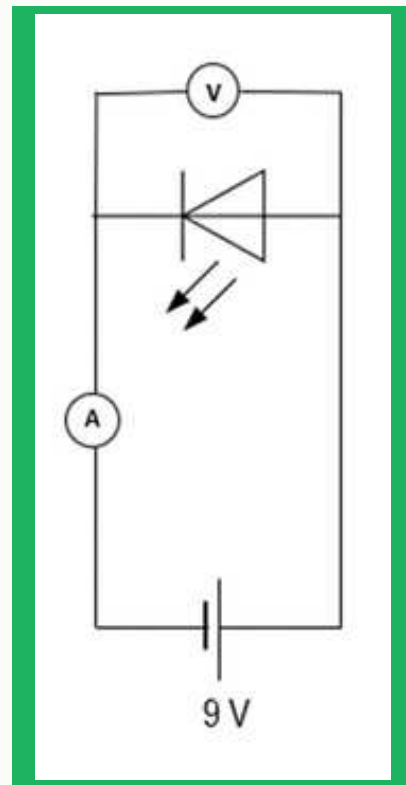
4) Olhe na Tabela da página 25 e calcule a máxima potência do LED utilizado, indique qual LED (cor) foi usado.

5) Com o auxílio de outro multímetro veja a diferença de potencial sobre o led. Use a figura ao lado como guia. Anote seus resultados.

6) Com os dados da questão 5, calcule a potência do LED utilizado.

7) Ainda com os dados da questão 5, qual o valor da resistência elétrica da tinta?

8) Sabendo que um LED suporta no máximo um diferença de potencial de 3V e que sua corrente elétrica máxima é de 20mA, calcule a resistência elétrica do resistor.



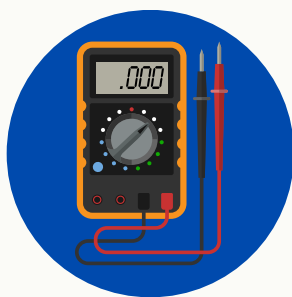
Prática 3: Associação de Resistores

Nessa terceira prática vamos compreender a aplicação das leis de Ohm e também estudar qualitativamente os brilhos dos LED's.

Materiais necessários:



Tinta condutiva



Multímetro



Pincéis



Bateria de 9V



Folha de papel



Máscaras e luvas



Diodo emissor de luz



Fita isolante

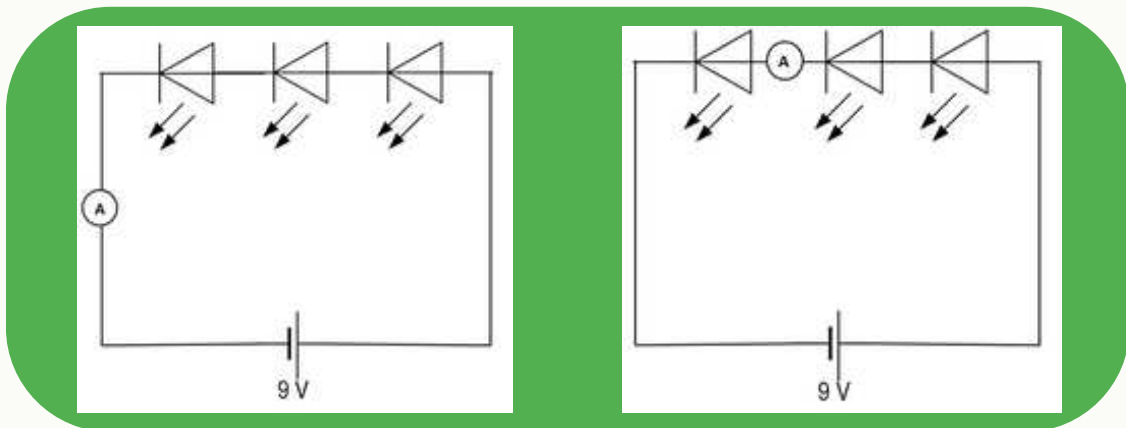
3.1 Resistores em série

Pegue uma folha de papel e pinte o circuito indicado na figura abaixo, pinte de tal forma que tenha duas entradas para o amperímetro.



OBSERVAÇÃO

Para fechar o circuito pinte um pedaço pequeno de papel e conecte uma das ligações abertas.



Responda na folha:

- 1) Qual a leitura do amperímetro indicada nas duas posições? Essas leituras diferem? Explique.
- 2) Considerando que cada LED tenha a mesma resistência elétrica de 150Ω qual seria a resistência equivalente deste circuito?
- 3) O que acontece com o brilho dos demais LED's caso você desconecte um do circuito? Explique.
- 4) Qual a diferença de potencial indicada em cada led, represente no desenho e mostre os valores.

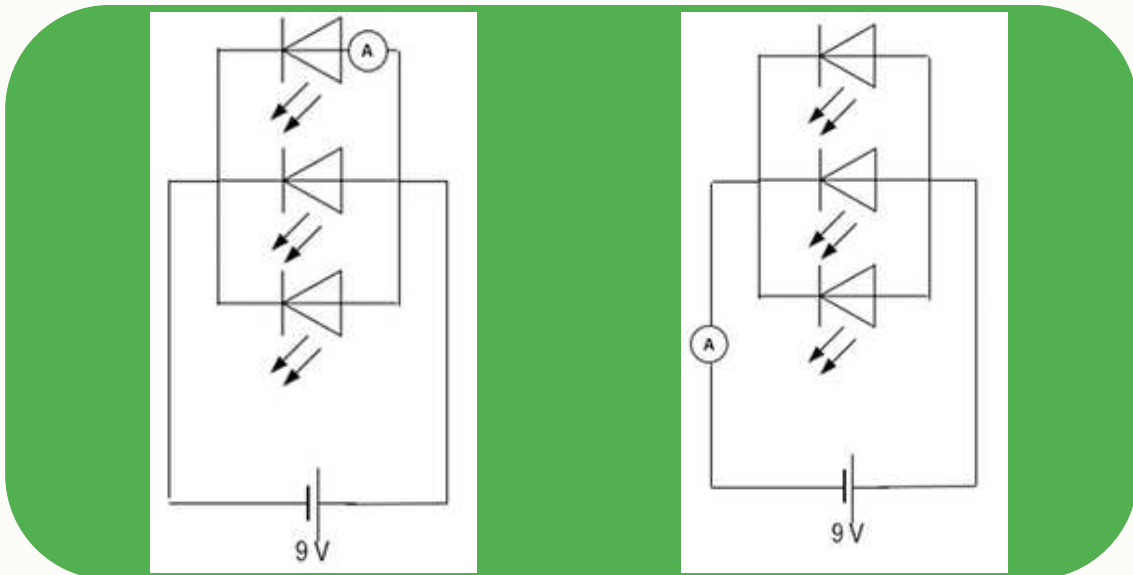
3.2 Resistores em paralelo

Pegue uma folha de papel e pinte o circuito indicado na figura abaixo, pinte de tal forma que tenha duas entradas para o amperímetro.



OBSERVAÇÃO

Para fechar o circuito pinte um pedaço pequeno de papel e conecte uma das ligações abertas.



Responda na folha:

- 1) Qual a leitura do amperímetro indicada nas duas posições? Essas leituras diferem? Explique.
- 2) Considerando que cada LED tenha a mesma resistência elétrica de 150Ω qual seria a resistência equivalente deste circuito?
- 3) O que acontece com o brilho dos demais LED's caso você desconecte um do circuito? Explique.
- 4) Qual a diferença de potencial indicada em cada led, represente no desenho e mostre os valores.

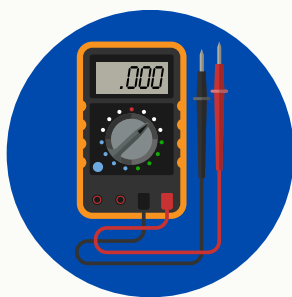
Prática 4: Ponte de Wheatstone

Nessa quarta prática vamos compreender como funciona a ponte de Wheatstone.

Materiais necessários:



Tinta condutiva



Multímetro



Pincéis



Bateria de 9V



Folha de papel



Máscaras e luvas



Diodo emissor de luz



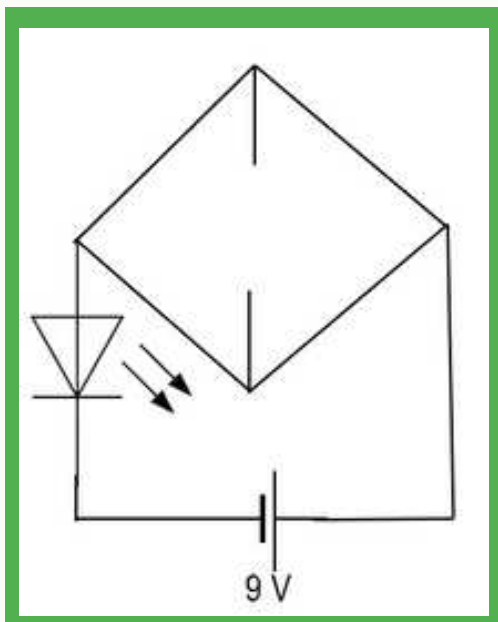
Fita isolante

Vamos para a prática!



! CUIDADO!
O desenho não pode ser muito grande.

1º Separe uma folha em papel em branco e desenhe o circuito representado abaixo, lembre-se da ponte, os traços que formam o losango precisam ter o mesmo comprimento.



2º

Veja se o LED está aceso, se sim, é sinal que seu circuito está funcionando!

3º

Pegue um segundo LED e conecte na transversal do losango.

Responda agora na folha: O LED acendeu? Explique.

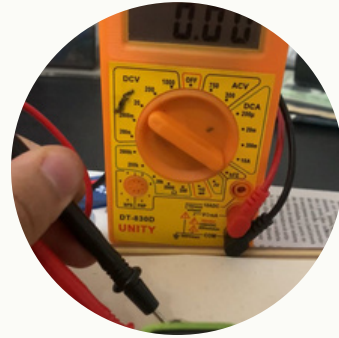
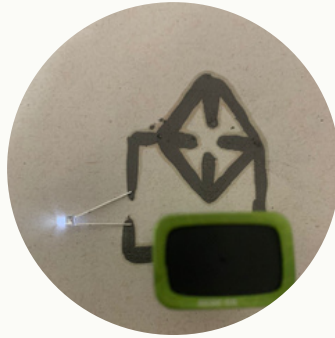
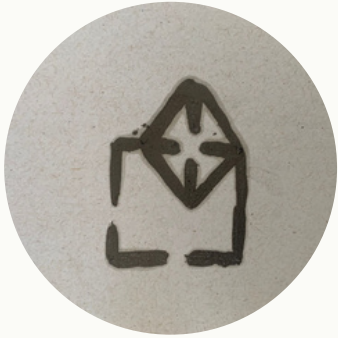


4º

Agora substitua o LED pelo voltímetro e faça a leitura de diferença de potencial elétrico.

Responda agora na folha: Qual o valor obtido para a diferença de potencial? Explique o resultado

Dicas do prof. na montagem dos circuitos:



Responda agora na folha:

- 1) Mostre uma figura do seu circuito.
- 2) Porque a figura não pode ser muito grande?
- 3) A leitura do voltímetro é exatamente zero? Explique. (essa já está no texto)
- 4) O que acontecerá se um led for colocado na ponte?

