



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 66

Erivelton Vieira da Silva

Utilização de maquete para o ensino de associação de resistores

Piripiri

2025

Erivelton Vieira da Silva

Utilização de maquete para o ensino de associação de resistores

Dissertação apresentada ao Polo 66 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Piauí como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto

Coorientador: Prof. Dr. Wilton de Carvalho Lopes

Piripiri

2025

S586 Silva, Erivelton Vieira da.
Utilização de maquete para o ensino de associação de resistores
/ Erivelton Vieira da Silva. - 2025.
135 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Piauí -
UESPI, Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física - MNPEF, Campus Prof. Antônio Giovani Alves de Sousa,
Piripiri-PI, 2025.

"Orientador: Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto".

"Coorientador: Prof. Dr. Wilton de Carvalho Lopes".

1. Aprendizagem Significativa. 2. Maquete. 3. Ensino de Física.
4. Eletrodinâmica. I. Sá Neto, Olímpio Pereira de . II. Lopes,
Wilton de Carvalho . III. Título.

CDD 537.6

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PROP
Campus Professor Antônio Giovanne Alves de Sousa - Piripiri-PI
MNPEF/PROFIS – POLO 66 - UESPI

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 01

Discente: ERIVELTON VIEIRA DA SILVA - TURMA 2023

Ao quinto dia do mês de fevereiro de dois mil e vinte e cinco, às dez horas, realizou-se a **PRIMEIRA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO do MNPEF/PROFIS-UESPI Polo 66 - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UESPI**, através de sala de reunião virtual por meio da plataforma google meet. Título da Dissertação: “**Utilização de maquete para o ensino de associação de resistores**” e Produto Educacional: “**Maquete didática de circuitos elétricos**” do discente **Erivelton Vieira da Silva**. A banca de avaliação composta pelos membros: Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto - UESPI/MNPEF Polo 66 (Orientador e presidente da banca); Prof. Dr. Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento - IFPI-Parnaíba (Membro titular externo); Prof. Dr. Agmael Mendonça Silva - UESPI/MNPEF Polo 66 (Membro titular interno); Prof. Dr. Manoel Jesus Memória Campelo - UESPI (Membro suplente externo); Prof. Dr. Antonio de Macedo Filho - UESPI/MNPEF Polo 66 (Membro suplente interno). Prof. Dr. Anilton de Brito Vieira Filho, Coordenador do MNPEF Polo 66 em exercício, cumprimenta os presentes e abre a sessão entregando a condução dos trabalhos ao(à) Orientador(a) e Presidente da Banca, Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto, que após cumprimentar e dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Defesa de Dissertação de Mestrado, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Após apresentação do trabalho, seguiu-se a arguição pelos membros da banca e respectiva defesa do discente. A banca titular fez ponderações e contribuições para serem contempladas na versão final da dissertação e produto educacional. Houve participação facultativa dos membros suplentes da banca em contribuir na melhoria da versão final do trabalho. Logo após, a banca se reuniu, sem a presença do discente, para julgamento e expedição do resultado final. **O discente Erivelton Vieira da Silva foi considerado APROVADO por unanimidade**, pelos membros da banca, em sua defesa da dissertação de mestrado. O resultado foi então comunicado ao discente pelo(a) Presidente da Banca. Registra-se que a banca solicitou ao discente entregar à Coordenação do MNPEF Polo 66, dentro do prazo de trinta dias, a versão final da Dissertação e Produto Educacional com as devidas correções apontadas nesta sessão. Nada mais havendo a tratar, eu, Presidente da Banca de Defesa de Dissertação de Mestrado Nº 01 do MNPEF Polo 66, Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto, dou por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, segue assinada por todos os membros da Banca, pelo discente e Coordenação do MNPEF Polo 66 para fins de produção de seus efeitos legais.



Documento assinado digitalmente

OLÍMPIO PEREIRA DE SA NETO
Data: 04/03/2025 23:20:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto - UESPI/MNPEF Polo 66 (Orientador e presidente da banca)

Documento assinado digitalmente
gov.br **ALEXANDRO DAS CHAGAS DE SOUSA NASCIME**
Data: 06/02/2025 17:48:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento - IFPI-Parnaíba (Membro titular externo)

Documento assinado digitalmente
gov.br **AGMAEL MENDONÇA SILVA**
Data: 06/02/2025 16:30:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Agmael Mendonça Silva - UESPI/MNPEF Polo 66 (Membro titular interno)

Documento assinado digitalmente
gov.br **MANOEL JESUS MEMÓRIA CAMPELO**
Data: 17/03/2025 09:55:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Manoel Jesus Memória Campelo - UESPI (Membro suplente externo)

Documento assinado digitalmente
gov.br **ANTONIO DE MACEDO FILHO**
Data: 18/03/2025 17:24:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antonio de Macedo Filho - UESPI/MNPEF Polo 66 (Membro suplente interno)

Documento assinado digitalmente
gov.br **ERIVELTON VIEIRA DA SILVA**
Data: 07/02/2025 20:03:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Erivelton Vieira da Silva (Discente)

Documento assinado digitalmente
gov.br **ANILTON DE BRITO VIEIRA FILHO**
Data: 08/02/2025 07:46:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Anilton de Brito Vieira Filho (Coordenação MNPEF Polo 66)

Erivelton Vieira da Silva

Utilização de maquete para o ensino de associação de resistores

Dissertação apresentada ao Polo 66 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Piauí como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em 05 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto - UESPI
Orientador

Prof. Dr. Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento - IFPI
Membro externo

Dr. Agmael Mendonça Silva - UESPI
Membro interno

Prof. Dr. Antonio de Macedo Filho - UESPI
Suplente interno

Prof. Dr. Manoel Jesus Memória Campelo - UESPI
Suplente externo

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha esposa, reconhecendo que esta conquista não é apenas minha, mas resultado do apoio, amor e inspiração que generosamente compartilharam comigo ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela bênção de concluir mais uma etapa significativa em minha jornada acadêmica.

Agradeço de coração à minha esposa, Auriana, meu alicerce inabalável, por permanecer ao meu lado e oferecer seu constante apoio em todos os momentos.

Aos meus colegas e amigos do polo 66 do MNPEF, expresso minha gratidão. Cada momento compartilhado foi singular e repleto de descontração, tornando essa experiência ainda mais valiosa.

Agradeço aos meus pais, Maria e Justino, pelo amor incondicional. Seu esforço incansável sempre esteve voltado para proporcionar um futuro melhor a seus filhos.

A todos os professores que foram parte fundamental desta jornada, destacando meu orientador, Professor Olímpio, e meu coorientador, Professor Wilton. Cada momento de aprendizado foi valioso, e por isso, expresso minha sincera gratidão.

Expresso minha gratidão à CAPES pelo apoio ao programa de mestrado.

EPÍGRAFE

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

(Nelson Mandela)

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de um projeto desenvolvido no 3º ano do Ensino Médio da Unidade Escolar Cassiana Rocha, em Piripiri, Piauí, que propôs o uso de maquetes para o ensino de associação de resistores. A iniciativa, parte das exigências do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), buscou promover uma aprendizagem significativa dos conceitos de eletrodinâmica, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes e conectando a teoria à sua realidade cotidiana. O projeto adotou uma metodologia ativa e participativa, em contraposição ao ensino tradicional, e culminou na construção de uma maquete acessível, que facilitou a compreensão dos conceitos abstratos e despertou o interesse dos alunos. Os resultados evidenciam o aumento do engajamento e da participação dos estudantes, bem como a melhoria no desempenho em sala de aula. O uso de maquetes mostrou-se uma ferramenta pedagógica eficaz para aproximar o ensino de Física do cotidiano dos alunos, tornando a disciplina mais atrativa e contribuindo para um aprendizado mais dinâmico e interativo.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; Maquete; Ensino de Física; Eletrodinâmica.

ABSTRACT

This work presents the results of a project developed with 3rd-year high school students at the Cassiana Rocha School in Piripiri, Piauí, which proposed the use of models for teaching resistor networks. The initiative, part of the requirements of the National Professional Master's in Physics Teaching (MNPEF), aimed to promote meaningful learning of electrodynamics concepts, starting from the students' prior knowledge and connecting theoretical content to their everyday reality. The project adopted an active and participatory methodology, in contrast to traditional teaching methods, and culminated in the construction of an accessible model, which facilitated the understanding of abstract concepts and sparked students' interest. The results show increased student engagement and participation, as well as improved performance in the classroom. The use of models proved to be an effective pedagogical tool for bringing physics teaching closer to students' daily lives, making the subject more attractive and contributing to a more dynamic and interactive learning experience.

Keywords: Meaningful learning; Model; Physics teaching; electrodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão da educação brasileira.	28
Figura 2 – Sentido real e sentido convencional da corrente elétrica.	40
Figura 3 – Fio percorrido por movimento ordenado de carga elétrica.	41
Figura 4 – Linhas representando \vec{J} no fluxo de cargas através de um condutor com uma constrição.	42
Figura 5 – Superfície atravessada por linhas de densidade de corrente \vec{J}	43
Figura 6 – Volume de integração.	44
Figura 7 – Símbolos dos resistores.	46
Figura 8 – Corrente x potencial para resistor ôhmico.	47
Figura 9 – Corrente x potencial para resistor não ôhmico.	47
Figura 10 – Carga ΔQ se deslocando em um fio condutor. Na parte a) da figura ela se encontra no ponto a do fio, percorrendo-o até chegar no ponto b , ilustrado na parte c) da figura.	49
Figura 11 – Circuitos que não podem ser reduzidos a combinações simples envolvendo apenas resistores em série e em paralelo.	51
Figura 12 – Lei dos nós de Kirchhoff.	52
Figura 13 – Conversão de sinais para fem e para resistores.	53
Figura 14 – Aplicação do pré-teste	58
Figura 15 – Aula sobre o conteúdo.	58
Figura 16 – Exposição de conteúdos.	59
Figura 17 – Maquete com os materiais utilizados.	59
Figura 18 – Interação com a maquete	60
Figura 19 – Medidas com dispositivos.	61
Figura 20 – Desenhos de circuitos em série elaborados pelos estudantes.	65
Figura 21 – Desenhos de circuitos em paralelo elaborados pelos estudantes.	66
Figura 22 – Associação de resistores.	71
Figura 23 – Respostas da quarta questão.	72
Figura 24 – Respostas da quinta questão.	73
Figura 25 – Respostas da sexta questão.	74

Figura 26 – Respostas da sétima questão.	75
Figura 27 – Primeira pergunta da pesquisa.	76
Figura 28 – Segunda pergunta do questionário	77
Figura 29 – terceira pergunta do questionário	78
Figura 30 – Sobre a viabilidade em sala de aula.	79
Figura 31 – Quinta pergunta do questionário.	80

LISTA DE QUADROS

2.1	Artigo 35 da Constituição de 1891.	23
2.2	Unidades temáticas de Ciências da Natureza na BNCC.	30
3.1	Resistividade dos materiais em relação a temperatura.	48
5.1	Etapas da aplicação do produto educacional.	57
6.1	Grupo 1: respostas para a primeira questão do pré-teste.	62
6.2	Grupo 2: respostas para a primeira questão do pré-teste.	63
6.3	Grupo 3: respostas para a primeira questão do pré-teste.	63
6.4	Grupo 4: respostas para a primeira questão do pré-teste.	63
6.5	Grupo 1: respostas para a segunda questão do pré-teste.	63
6.6	Grupo 2: respostas para a segunda questão do pré-teste.	64
6.7	Grupo 3: respostas para a segunda questão do pré-teste.	64
6.8	Grupo 4: respostas para a segunda questão do pré-teste.	64
6.9	Grupos de respostas da terceira pergunta do pré-teste.	65
6.10	Grupos 1 e 2: Respostas da sexta questão do pré-teste.	66
6.11	Grupo 3: Respostas da sexta questão do pré-teste.	66
6.12	Grupo 4: Respostas da sexta questão do pré-teste.	67
6.13	Grupo 1: respostas da primeira questão do pós-teste.	70
6.14	Grupo 2: respostas da primeira questão do pós-teste.	70
6.15	Grupo 3: respostas da primeira questão do pós-teste.	71
6.16	Respostas da segunda questão do pós-teste.	71

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNE	Conselho Nacional de Educação
CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DCNEI	Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Infantil
ddp	Diferença de potencial
EJA	Educação de Jovens e Adultos
ITA	Instituto de Aeronáutica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
SBF	Sociedade Brasileira de Física
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa

LISTA DE SÍMBOLOS

\int	Integral indefinida
\oint_S	Integral fechada de superfície
$\frac{d}{dt}$	Derivada em relação ao tempo
$\frac{\partial}{\partial t}$	Derivada parcial em relação ao tempo
Σ	Somatório
∇	Operador Nabla

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1	Objetivo Geral	20
1.1.2	Objetivos Específicos	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	21
2.2	A FÍSICA NA BNCC	27
2.2.1	Ensino Infantil	28
2.2.2	Ensino Fundamental	29
2.2.3	Ensino Médio	30
2.3	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	32
2.3.1	Aprendizagem significativa em sala de aula	33
2.4	MAQUETES NO ENSINO DE FÍSICA	34
3	ELETRODINÂMICA	39
3.1	CORRENTE ELÉTRICA	40
3.2	VELOCIDADE DE DERIVA	41
3.3	DENSIDADE DE CORRENTE	42
3.4	CONSERVAÇÃO DA CARGA E EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE	44
3.5	RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE	45
3.6	POTENCIAL ELÉTRICO E POTÊNCIA ELÉTRICA	48
3.7	LEIS DE KIRCHHOFF	50
3.7.1	Convenções de sinais para a lei das malhas	52
4	METODOLOGIA	54
4.1	ETAPAS DO PROJETO	54
5	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	57
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
6.1	PRÉ-TESTE	62

6.2	ATIVIDADE PRÁTICA	68
6.3	PÓS-TESTE	70
6.4	PESQUISA DE SATISFAÇÃO	75
6.5	COMPARAÇÃO ENTRE OS QUESTIONÁRIOS	80
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	Referências Bibliográficas	84
	Apêndice A – DECLARAÇÃO DA INSTITUIÇÃO	88
	Apêndice B – DECLARAÇÃO DO PESQUISADOR	90
	Apêndice C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ES- CLARECIDO	92
	Apêndice D – APRECIÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA DA UESPI	95
	Apêndice E – PRODUTO EDUCACIONAL	101

1 INTRODUÇÃO

O processo de Ensino-Aprendizagem é dinâmico, em constante evolução desde o primeiro contato de Ensino Formal no Brasil que foi durante o período Colonial (1508-1808). A primeira escola brasileira surgiu no estado da Bahia e era voltada para os filhos da nobreza. Essa escola adotava um modelo de ensino que valorizava a memorização e erudição, práticas posteriormente criticadas por Paulo Freire, patrono da educação, em seu livro *Pedagogia do Oprimido* (Freire, 1981). Apesar das críticas, tais métodos ainda persistem no cenário educacional nacional. Desde então, o panorama educacional brasileiro tem passado por significativas transformações, sempre buscando aprimorar a qualidade da educação na República. Com a promulgação da Constituição de 1988, a educação passou a ser reconhecida como um direito de todos e um dever do Estado e da família.

Hoje, os pilares que orientam a educação brasileira são a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Brasil, 1996), que estabelece as diretrizes nacionais, e a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), um documento normativo que delinea as competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos educandos ao longo de sua vivência escolar. A Física faz parte, juntamente com Química e Biologia, da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Um ponto positivo trago com a implementação da BNCC foi um currículo unificado entre todos os entes federados. Porém, alguns problemas ainda pairam no sistema educativo brasileiro. Alguns autores são bastante críticos à BNCC, pois, para eles, a implementação desse documento não trouxe melhorias significativas para o ensino de Física. Como apontam as professoras Érica Regina Mozema e Fernanda Ostermann do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

...E no final das contas, continuamos com o “mais do mesmo”. Prevalecem listas de conteúdos tradicionais, que contemplam toda a Física Clássica e, apesar do discurso, o foco não é na construção social e histórica do conhecimento, na diversidade e na interdisciplinaridade. Na atual conjuntura, continuam prejudicados os alunos da maioria das escolas públicas brasileiras, que estudam no máximo duas horas/aulas semanais de Física (Mozema; Ostermann, 2016).

Mesmo com transformações no cenário educacional brasileiro, o Ensino de Física ainda enfrenta desafios significativos, tais como: estrutura precária em instituições; baixa carga horária; ausência de laboratórios nas escolas; docentes sem formação específica na área; aulas baseadas no método tradicional de ensino; salas superlotadas. Esses pontos

podem gerar desmotivação nos alunos. Tais aspectos demandam atenção e superação por parte dos professores de Física para contornar tantos problemas.

Num contexto mais amplo, a educação é um processo de transformação social, conforme (Freire, 1981) destaca ao ressaltar a inacabada natureza humana. Nessa visão, o ser humano busca constantemente sua identidade por meio da autorreflexão, tornando-se o sujeito ativo do próprio processo educativo. Essa concepção sublinha a interconexão fundamental no processo de ensino-aprendizagem entre educadores e educandos. Essa conexão é fundamental para que haja, de fato, ensino e aprendizado, que são indissociáveis, como aponta Freire ao dizer que, “sempre ao ensinar, é possível aprender”, mostrando que a relação entre docentes e discentes é fundamental na construção de uma boa prática educativa.

Como resposta a esses desafios, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) instituiu, em 2013, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), direcionado a professores da Educação Básica. Com dezenas de polos distribuídos nas 5 regiões do país, o programa tem como objetivo capacitar, em nível de mestrado, professores de Física, fornecendo-lhes técnicas de ensino aplicáveis em sala de aula. Segundo Moreira, Studart e Vianna (2016), o programa de mestrado representa um sistema abrangente de desenvolvimento intelectual, formação e criação de técnicas e recursos no campo do Ensino de Física. Seu objetivo principal é capacitar para o desempenho altamente qualificado de funções relacionadas ao ensino de Física na Educação Básica.

Dito isso, pode-se perceber que os problemas que assolam a educação nacional, oriundos, muitas vezes, do método tradicional de ensino, vão além da sala de aula, estando dois elementos diretamente envolvidos: professores e alunos. Para sanar as dificuldades da sala de aula, é necessário que o docente esteja sempre comprometido com a educação, buscando compreender as necessidades de seus alunos e encontrar soluções para que, de fato, a aprendizagem realmente aconteça. Para Franco (2018), um educador deve constantemente aprimorar sua abordagem pedagógica, visando atender aos seus alunos da melhor maneira possível. É através do comprometimento e da dedicação à profissão que o educador consegue desempenhar verdadeiramente seu papel, cultivando um interesse genuíno em ensinar e em continuar aprendendo.

Diversos estudiosos, como Paulo Freire, e físicos renomados, como Richard Feynman e Carl Wieman, convergem em suas críticas ao método tradicional de ensino. O célebre físico Richard Feynman, notável por suas contribuições à mecânica quântica, lançou várias

críticas específicas à abordagem tradicional no ensino de Física no Brasil. Segundo Moreira (2018), ao analisar o Ensino Médio, Feynman questiona a ênfase excessiva na memorização de conteúdos e a falta de consideração para com os alunos que não buscam ingressar em cursos de nível superior. Feynman enfatiza que, mesmo nas etapas iniciais da educação, a abordagem pedagógica deveria ir além da simples acumulação de informações, buscando desenvolver habilidades como pensamento crítico e uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos. Além disso, suas críticas ao ensino superior, como a remuneração inadequada dos professores e a baixa qualidade do material didático, ecoam nos sistemas educacionais de níveis mais básicos.

A situação descrita acima reflete uma realidade que também se manifesta na Rede Estadual de Ensino do Piauí, particularmente no município de Piri-piri, no qual, pode-se perceber que esses aspectos mencionados contribuem para que as aulas de Física siga, na maioria das vezes, o método tradicional de ensino, o que pode resultar em uma falta de atração para os estudantes. Infelizmente, é comum observar que, na maioria das aulas de Física no Ensino Médio, o foco recai apenas sobre a apresentação de um conjunto de fórmulas e suas aplicações práticas, deixando de lado a essência profunda da Física e toda a sua beleza.

Nesse contexto, de acordo com os trabalhos de Moreira (2017) e Moreira (2021), a disciplina torna-se menos envolvente para os educandos, pois não são explorados de maneira adequada os conceitos fundamentais, as teorias subjacentes e as conexões interdisciplinares que poderiam despertar o interesse e a curiosidade do educando. A negligência em abordar os aspectos conceituais e fascinantes da Física compromete o processo de Ensino-Aprendizagem, reduzindo a capacidade dos alunos de compreenderem a ciência e de se envolverem de maneira ativa e motivadora nas aulas.

Assim, surge a necessidade de repensar abordagens pedagógicas, introduzindo métodos mais interativos, práticos e contextualizados, a fim de proporcionar uma experiência de Aprendizagem Significativa, mais enriquecedora e cativante, fazendo conexão com os conhecimentos prévios dos alunos, como mencionado nos trabalhos de Moreira (2021). Isso permitirá não apenas a compreensão das fórmulas, mas também a apreciação da Física como uma disciplina que desvenda os segredos do universo, estimulando a curiosidade e o entusiasmo dos estudantes.

Com o intuito de contribuir com a melhoria da qualidade do ensino de Física, decidiu-se explorar o uso de maquetes¹ como uma ferramenta pedagógica para potencializar o ensino de eletrodinâmica. Acredita-se que o uso de maquetes possa ser uma forma de sair do campo teórico e tradicional, e trabalhar de maneira mais dinâmica e envolvente, trazendo o educando para perto da ciência. Com essa abordagem, pretende-se sair do campo conceitual e partir para a prática, oferecendo uma aprendizagem significativa e prazerosa aos educandos.

Leite (2012) afirma que a palavra “*modelagem*” está se tornando cada vez mais comum no ensino de física, química e ciências em geral. Em Física, os estudantes aprendem modelos do sistema solar, da luz e do átomo (nesse caso, associação de resistores). Nos cursos de biologia, eles encontram modelos de articulações, sistema circulatório e processos metabólicos. Há diversos benefícios em envolver os estudantes na construção de maquetes.

Nesse contexto, esse trabalho tem como foco principal investigar como a utilização da maquete (aliada à sequência didática baseada na Teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel), pode influenciar o processo de aprendizado dos conceitos de eletricidade e circuitos elétricos por parte dos alunos. Exploraremos como essa ferramenta didática interativa pode promover a compreensão profunda, a motivação e o engajamento dos estudantes, além de identificar os desafios e as oportunidades que surgem durante sua implementação. Ao fazer isso, buscamos contribuir para a melhoria do ensino de Física e para a construção de estratégias pedagógicas mais eficazes e envolventes, especialmente em face das dificuldades tradicionalmente associadas a essa disciplina.

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo constitui a introdução, estabelecendo o contexto e os objetivos do trabalho. No segundo capítulo, abordaremos a teoria da Aprendizagem Significativa, relacionando-a à utilização de sequências didáticas. O terceiro capítulo destina-se a uma discussão mais aprofundada sobre os aspectos físicos abordados neste estudo, especialmente no âmbito do ensino superior. No quarto capítulo, detalharemos a metodologia empregada ao longo da dissertação. Em seguida, no capítulo cinco, apresentaremos os resultados obtidos, com a aplicação dos questionários. Por último, o sexto capítulo contemplará as considerações finais sobre os resultados obtidos com a pesquisa. O produto educacional desenvolvido como parte integrante deste trabalho

¹ Maquete é uma representação física, em escala reduzida, de um objeto, estrutura ou conceito, utilizada como ferramenta didática para facilitar a visualização, o entendimento e a experimentação de fenômenos ou estruturas complexas.

encontra-se no Apêndice E. Espera-se que este projeto possa ser disseminado em outras escolas, contribuindo para a melhoria do ensino de Física na rede pública de ensino. O uso de maquetes pode ser uma ferramenta eficaz para o ensino de outras áreas da ciência, ampliando as possibilidades de aprendizado e tornando a ciência mais acessível e atrativa para os jovens estudantes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Investigar o impacto da utilização de maquetes no ensino de eletrodinâmica, e seus benefícios para a educação.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar, de forma prática, associações de resistores em série, paralelo e mista.
- Observar o efeito Joule gerado pela corrente elétrica ao atravessar o circuito.
- Realizar medidas elétricas com o auxílio de um multímetro digital.
- Descrever o comportamento da tensão e corrente elétrica nas associações em série e em paralelo.
- Definir a ideia de curto-circuito nas associações em série e paralelo.
- Calcular a potência de uma lâmpada.
- Observar as diferenças entre lâmpadas de LED e lâmpadas incandescentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

A educação é um processo universal de transformação do qual todos acabam fazendo parte, em maior ou menor grau de acordo com a sociedade em que se está inserido. No âmbito do ensino de física, o processo educacional pode partir da curiosidade de entender os fenômenos físicos, ou ainda, por estímulos externos, vindos do meio social ou de instituições, especialmente, as de ensino (Bezerra et al., 2009).

No Brasil, a educação é um direito garantido a todos os cidadãos e é dever do Estado e da família. Mas nem sempre foi assim. O primeiro contato de ensino formal em território brasileiro ocorre no período colonial. Falar sobre o ensino de Física nesse período é falar diretamente sobre a educação em território nacional.

No período colonial a educação estava sob responsabilidade dos jesuítas, onde sua pedagogia era fundamentada no “*modus parisiensis*” de ensino, que segmentava os alunos com base em seus níveis de conhecimento, o que resultou na formação de classes, séries, ou anos, como podem ser conhecidos atualmente. Esse método promoveu a divisão do trabalho didático, estabelecimento de espaços especializados, como salas de aula, a seriação e especialização dos professores, além da diferenciação dos conteúdos. Os jesuítas empregavam métodos pedagógicos como preleção, competição, memorização, exercícios escritos e imitações (Alves, 2005). Grandes foram as contribuições deixadas pelos jesuítas no Brasil, muitas dessas contribuições são utilizadas até os dias de hoje.

Um marco importante desse período foi a criação do Seminário de Olinda em 10 de julho de 1800, que introduziu e enfatizou disciplinas como Física, Química e Biologia. Segundo Alves (2005), o Seminário de Olinda privilegiava o ensino de uma Filosofia Natural, adotando a perspectiva de libertação da Filosofia do domínio da Teologia, incentivando os alunos a observações, experimentações e estudos acerca da natureza e dos princípios de funcionamento das máquinas.

Com a chegada da família real ao Brasil em 1808, emergiu a imperativa necessidade de estabelecer instituições educacionais que refletissem uma abordagem abrangente e moderna, incluindo em seus currículos a disciplina de Física e outras ciências naturais. Este período foi marcado por uma série de transformações significativas na nação, culminando no fim do período colonial. Após a independência em 1822, o cenário educacional brasileiro experimentou uma nova fase de evolução. Surgiu a demanda por escolas destinadas às

famílias mais importantes do império, ou seja, os filhos da aristocracia e burguesia carioca. Em resposta a essa necessidade, foi fundado o Colégio Pedro II, que se destacou como a instituição de ensino mais proeminente do Brasil na época. O Colégio Pedro II desempenhou um papel crucial na consolidação e disseminação do conhecimento, influenciando positivamente o desenvolvimento do sistema educacional brasileiro de acordo com Diogo e Gobara (2008).

Como a instituição de ensino mais destacada do Império, o Colégio Pedro II desempenhava um papel central na definição dos padrões educacionais adotados por outras instituições, incluindo os Liceus. O modelo educacional estabelecido pelo Colégio Pedro II não apenas influenciava o comportamento de outras instituições de ensino, mas também determinava quais disciplinas deveriam receber maior ênfase. Em sua análise do currículo do Colégio Pedro II na década de 1880, Chagas (1980) observou que o ensino era predominantemente humanístico, com uma atenção limitada ao estudo da Física.

A Matemática e as Ciências, reunidas, atingiram na totalidade dos planos o percentual médio de 21,7%; mas se abstrairmos a primeira, com 11,8%, notaremos que as ciências da natureza, mesmo incluindo disciplinas como “Zoologia Filosófica”, tiveram uma frequência inferior a 10%.

Para Almeida (1980), no período do Império, não foi registrado nenhum esforço pedagógico inovador nas áreas das ciências e da Física que provocasse uma alteração significativa na educação, que permanecia predominantemente clássica e de natureza geral, seguindo a tradição herdada dos jesuítas. O ensino médio, incumbido primariamente de preparar os estudantes para cursos de nível superior, não se dedicava a formar jovens para ocupações específicas, negligenciando, assim, as ciências experimentais. Além disso, o corpo docente era em grande parte composto por professores improvisados, desprovidos de qualquer preparação didática específica.

O período que vai de 1889 a 1930 é conhecido como *Primeira República* ou *República Velha*. No contexto histórico, o Brasil passou por grandes transformações no cenário educacional. Nos primeiros anos da República, houve uma reforma no ensino do país, essas mudanças tiveram fortes influências da escola positivista¹. Benjamin Constant, ministro

¹ O positivismo é uma corrente filosófica que teve seu auge no sec. XIX, desenvolvida pelo pensador francês Auguste Comte. Essa abordagem filosófica enfatiza a observação empírica e a aplicação do método científico na compreensão da sociedade e do conhecimento. O positivismo busca entender fenômenos sociais por meio da análise objetiva e da mensuração, rejeitando especulações metafísicas e argumentos subjetivos.

da educação em 1980, era adepto a ideologia da escola positivista segundo Diogo e Gobara (2008).

A influência dos positivistas pode ser melhor entendida através de dois pontos: na reforma de 1890, onde o conteúdo das ciências fundamentais foi incluído de acordo com a lógica do positivismo, tal como a Matemática, a Astronomia, a Física, a Química, a Biologia e a Sociologia de acordo com Diogo e Gobara (2008 apud Comte, 2006);

A Constituição de 1891, estabelecia a educação secular nas instituições de ensino públicas assim como cita Diogo e Gobara (2008 apud Almeida; Favero, 1980, 1996). Estas transformações representaram um avanço significativo em relação às características dos períodos colonial e imperial, uma vez que formalizavam a inclusão das disciplinas científicas no currículo, além de, pelo menos oficialmente, afastar a influência da igreja na educação.

A quadro 2.1 traz artigos sobre a legislação do Brasil no campo da educação em 1891:

Quadro 2.1: Artigo 35 da Constituição de 1891.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA DOS ESTADOS UNIDOS DO BRASIL (DE 24 DE FEVEREIRO DE 1891)	
Art. 35 Incumbe, outrossim, ao Congresso, mas não privativamente:	
1°	velar na guarda da Constituição e das leis e providenciar sobre as necessidades de caráter federal;
2°	animar no País o desenvolvimento das letras, artes e ciências, bem como a imigração, a agricultura, a indústria e o comércio, sem privilégios que tolham a ação dos Governos locais;
3°	criar instituições de ensino superior e secundário nos Estados;
4°	prover a instrução secundária no Distrito Federal.

Fonte: (Brasil, 1891)

Reformas educacionais importantes ocorreram durante a Primeira República: a Reforma Rivadávia Correia ², de 1911, e a Reforma Carlos Maximiliano ³, de 1915, segundo Niskier (1996). Mesmo com essas reformas, os problemas apontados por Almeida (1980) ainda pairavam sobre a educação nacional.

Na era Vargas (1930-1934), o Brasil experimentou profundas transformações político-sociais. Transicionamos de uma cultura predominantemente agrária para um processo acelerado de industrialização. Com essa mudança, surgiu a necessidade premente de

² A Lei Rivadávia Corrêa, ou Reforma Rivadávia Corrêa, Lei Orgânica do Ensino Superior e Fundamental foi implementada em 5 de abril de 1911 pelo decreto n° 8.659.

³ A Reforma Carlos Maximiliano retirou o grego das línguas clássicas restando somente o Latim.

qualificação da mão de obra destinada à indústria manufatureira da época. Diante desse contexto, tornou-se evidente a urgência de universalizar a educação, que anteriormente era acessível apenas à elite.

A educação passou a ser percebida não apenas como um meio para a obtenção do primeiro emprego, mas também como uma oportunidade significativa de ascensão social. Um dos aspectos mais notáveis do governo Vargas relacionado à educação foi a proibição do trabalho para menores de 14 anos. Esses adolescentes, que anteriormente eram compelidos a se dedicar à lavoura, passaram a ter a oportunidade de frequentar a escola.

Segundo Melo (2012) em 1930, surgiu o Ministério de Educação e Saúde, com um enfoque primordial no estabelecimento da universidade brasileira, promovendo a unificação de faculdades anteriormente isoladas. Nesse contexto, um grupo composto por 26 educadores e intelectuais, que desempenharam papel fundamental no movimento que culminou na ascensão de Getúlio Vargas ao poder, apresentou, em 1932, o Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova. Este manifesto, redigido por Fernando de Azevedo, introduziu ideias inovadoras para o sistema educacional nacional, propondo a implementação de uma escola obrigatória para todos, desvinculada de influências religiosas.

Contudo, não foi isso que se efetivou na prática. Neste mesmo ano, foi aprovada a reforma Francisco Campos, que oficializava a dualidade do ensino – secundário e profissionalizante para a classe dirigente e a proletária, respectivamente. A justificativa residia na necessidade de preparação de mão-de-obra qualificada para o trabalho nas indústrias. A educação precisava ser diferenciada para a formação de patrões e empregados (Melo, 2012).

Voltando para o campo da Física, na década de 1930, houve transformações muito importantes não somente no ensino Básico mas também no Ensino Superior. Em 1934 foi criada a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da Universidade de São Paulo, dando início às pesquisas de Física no País.

Para o Departamento de Física da FFCL veio, em 1934, o ítalo-russo Gleb Wataghin⁴, físico teórico, especialista em raios cósmicos e física nuclear. Sua vinda, bem como a de outros professores estrangeiros, foi motivada pela situação política europeia ou, o que decorre em certa parte desta, pela dificuldade em arrumar empregos permanentes naquele continente. Foi nesse cenário que se deu o surgimento do fascismo na Itália e do nazismo na Alemanha (Vieira; Videira, 2007).

⁴ Gleb Wataghin (1899-1986) foi um físico ítalo-brasileiro nascido na Rússia, conhecido por suas contribuições significativas para a física experimental. Ele emigrou para o Brasil em 1924, onde se naturalizou brasileiro e realizou grande parte de sua carreira acadêmica e científica.

Segundo Vieira e Videira (2007) outro grande nome da Física que chegou ao Brasil, no final de 1932, tratava-se de Bernhad Gross, físico alemão que trabalhou com metrologia no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e também realizou pesquisas sobre raios cósmicos. Anos mais tarde, seu foco passou a ser a área do estado sólido, tornando-se um grande nome mundial em dielétricos.

A partir desse período, a trajetória da Física no Brasil adquiriu uma dimensão mais profissionalizada, refletindo não apenas no ambiente acadêmico, mas também no cenário da educação básica. Com o avanço das pesquisas em Física no Brasil, a comunidade da Física brasileira começou a ter destaque e, entre os anos de 1940 e 1950, as pesquisas realizadas em território brasileiro passaram a ter destaque no cenário internacional, (Vieira; Videira, 2007). Estudos liderados por Wataghin, com auxílio de seus alunos Damy e Pompéia, que possuíam habilidades em eletrônica, desenvolveram dispositivos que receberam o nome de “chuveiros penetrantes”. Estes dispositivos eram usados no estudo dos raios cósmicos. Como resultado, descobriram que um efeito chamado de “penetrante” era causado pelos múons (Wathaghin, 2000).

De acordo com as pesquisas realizadas por Vieira e Videira (2007), o ano de 1947 destacou-se como um marco significativo para a Física brasileira. Nesse período, o cientista brasileiro César Lattes⁵ desempenhava um papel crucial em um grupo de pesquisa dedicado à investigação de colisões entre raios cósmicos e partículas atmosféricas. Foi durante esses estudos que a equipe identificou uma partícula até então desconhecida, posteriormente denominada méson pi ou pión, contribuindo assim para um avanço notável no entendimento da física de partículas.

Diante do crescente avanço da pesquisa científica no Brasil, o Estado encontrava-se desprovido de instrumentos eficazes para impulsionar a pesquisa nacional e a pós-graduação. Os impactos decorrentes da Segunda Guerra Mundial catalisaram, em diversas nações, investimentos substanciais em ciência, com destaque para a área da Física. Em consonância com essas transformações globais, o Brasil instituiu diversas entidades importantes, criando em 1948 a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Em 1949, emergiu o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), seguido, em 1950, pelo estabelecimento do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). No ano subsequente, foram instituídos o

⁵ César Lattes (1924-2005) foi um renomado físico brasileiro, nascido em Curitiba. Ele desempenhou um papel fundamental na pesquisa científica, destacando-se por suas contribuições para a física de partículas.

Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (Capes). Essas iniciativas representaram respostas estratégicas do Brasil às mudanças no panorama científico global, consolidando-se como marcos essenciais para o fomento da pesquisa e da educação de nível superior no país (Domingos, 2004).

Segundo Lopes e Oliveira (2018), com a instituição do CNPq, a pesquisa científica no Brasil experimentou um significativo impulso, especialmente em áreas cruciais para o avanço científico da nação. Surgiram as primeiras bolsas de estudo para aprimoramento e doutorado, bem como apoios financeiros destinados à aquisição de equipamentos e à organização de cursos. Este órgão desempenhou um papel vital no fortalecimento da ciência brasileira, proporcionando recursos e oportunidades fundamentais para o desenvolvimento e a consolidação do conhecimento científico no país.

Anos mais tarde, em 1961, foi promulgada a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), um marco que introduziu significativas transformações na educação básica brasileira, impactando tanto sua estrutura quanto seu currículo. Destaca-se, nesse contexto, a expansão do ensino de ciências da natureza no âmbito da educação básica. A disciplina de Física, por exemplo, passou a integrar o conjunto de matérias ministradas no 1º ano do ciclo do Ginásial, correspondendo, nos dias atuais, ao 6º ano do Ensino Fundamental (Queiroz; Hosoume, 2019). Na mesma década, mais precisamente em 14 de julho de 1966, na cidade de Blumenau, Santa Catarina, durante uma assembleia da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), foi oficialmente estabelecida a Sociedade Brasileira de Física. Esse marco histórico ocorreu como resultado do interesse e engajamento de profissionais da área, consolidando a criação de uma entidade dedicada ao avanço e promoção da Física no contexto brasileiro, (Salinas, 2001).

No início da década de 1970, tanto no Brasil quanto em outros países, emergiu uma imperiosa demanda por modernização e desenvolvimento. O ensino de ciências, considerado crucial para alcançar o êxito nesse cenário de transformações, tornou-se uma peça fundamental. O paradigma educacional passou por alterações significativas, com o ensino secundário assumindo um papel preparatório para o ingresso no mercado de trabalho. Nesse contexto, a educação passou a ser mais direcionada para aspectos profissionalizantes, refletindo a busca por uma formação que atendesse às demandas do mundo contemporâneo (Rosa; Rosa, 2005). Nessa mesma década, foi promulgada a segunda Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB nº. 5.692/71. Houve também um significativo aumento

no número de Universidades, que, mesmo assim, não foram suficientes para a demanda da época (Melo, 2012).

Chegando aos dias atuais, a década de 1980 assume um papel significativo na história do Brasil, deixando marcas profundas tanto no âmbito social quanto na educação. A queda do regime militar em 1985 representa um divisor de águas para a nação, pondo fim a um período em que diversos pensadores brasileiros experimentaram na própria pele as imposições de um governo autoritário.

Em 1988, a promulgação da atual Constituição brasileira consolidou princípios fundamentais, elevando a educação ao patamar de direito universal. Além disso, o texto constitucional incentiva explicitamente a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa, tecnologia e inovação (Brasil, 1988). Posteriormente, em 1996, foi lançada a atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação, que consolida a legislação vigente sobre educação no Brasil.

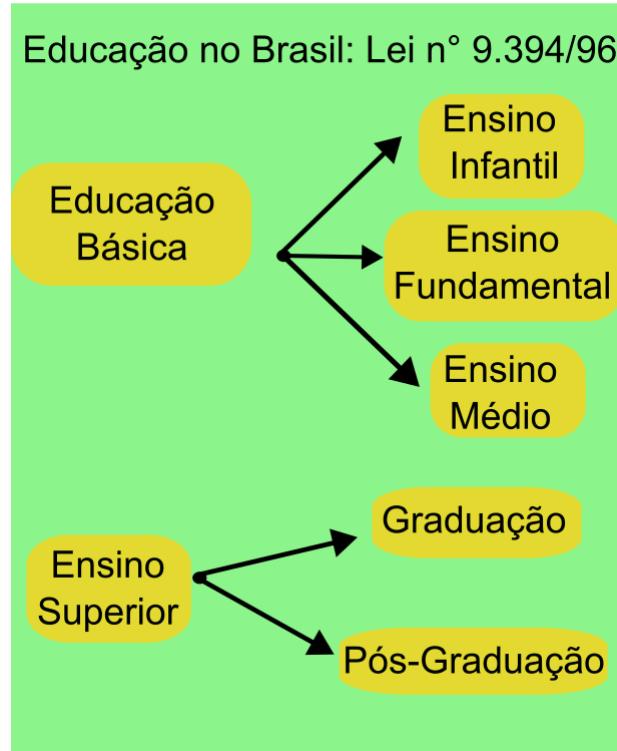
Ao observarmos a trajetória desde o período colonial, percebemos que a educação no Brasil passou por transformações substanciais. Embora tenham ocorrido avanços no ensino de Física, é inegável que necessitamos avançar ainda mais. Torna-se imperativo um aumento significativo nos investimentos em pesquisas e na área educacional para impulsionar o desenvolvimento do país. A mais recente atualização na educação básica foi implementada por meio da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tema que será abordado na próxima seção.

2.2 A FÍSICA NA BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (Brasil, 2018). A adoção de uma base comum originou-se da necessidade de estabelecer uma uniformidade nos currículos, garantindo que os diferentes entes federativos seguissem um padrão curricular comum. Antes da implementação da BNCC, não havia uma diretriz única seguida por Estados e Municípios, resultando em divergências nos currículos educacionais. Nesta seção, discutiremos o Ensino de Física sob a perspectiva da BNCC, destacando como essa iniciativa busca promover homogeneidade e qualidade no ensino em todo o país.

Antes de falarmos propriamente sobre a BNCC é necessário que saibamos como está dividida a educação nacional. A figura 1 traz a divisão educacional brasileira.

Figura 1 – Divisão da educação brasileira.



Fonte: elaborada pelo autor(2024).

O sistema educacional brasileiro está organizado em dois níveis: educação básica e ensino superior. A educação básica, por sua vez, é composta por três etapas: Ensino Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. No âmbito do ensino superior, encontramos as divisões entre graduação e pós-graduação. Na sequência, exploraremos as transformações introduzidas pela BNCC no contexto da educação básica, destacando seus impactos e contribuições para o aprimoramento do ensino no país.

2.2.1 Ensino Infantil

O ensino infantil, primeira etapa da educação básica, é ofertado em creches e pré-escolas para crianças de zero até cinco anos de idade, sendo obrigatória a partir dos quatro anos de idade.

Nas últimas décadas, vem se consolidando, na Educação Infantil, a concepção que vincula educar e cuidar, entendendo o cuidado como algo indissociável do processo educativo [...] Nessa direção, e para potencializar as aprendizagens e o desenvolvimento das crianças, a prática do diálogo e

o compartilhamento de responsabilidades entre a instituição de Educação Infantil e a família são essenciais (Brasil, 2018).

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Infantil (DCNEI, Resolução CNE/CEB nº 5/2009), em seu Artigo 4º, define a criança como:

sujeito histórico e de direitos, que, nas interações, relações e práticas cotidianas que vivencia, constrói sua identidade pessoal e coletiva, brinca, imagina, fantasia, deseja, aprende, observa, experimenta, narra, questiona e constrói sentidos sobre a natureza e a sociedade, produzindo cultura (Brasil, 2012).

Já no Art. 9º das DCNEI, os eixos estruturantes das práticas pedagógicas são interações e brincadeira. Dessa forma, podemos ver que na primeira etapa da educação básica não há uma preocupação com o letramento científico. Visto que, o foco é inserir a criança no meio social a partir de experiências apropriadas para a idade delas. Poucas são as noções de conteúdo científico nessa etapa, mas ainda temos um pouco de Física na parte de ondas, como mostra a habilidade **(EI03TS03)**⁶. Reconhecer as qualidades do som (intensidade, duração, altura e timbre), utilizando-as em suas produções sonoras e ao ouvir músicas e sons. A habilidade (EI03ET08) está relacionada com: expressar medidas (peso, altura etc.), construindo gráficos básicos.

2.2.2 Ensino Fundamental

O Ensino fundamental é a segunda etapa da educação básica e também a mais longa, com alunos que vão dos 6 anos aos 14 anos de idade. Nessa etapa há a presença de crianças e adolescentes. Nos anos iniciais do Ensino Fundamental há uma preocupação, de acordo com a BNCC, em valorizar as situações lúdicas vivenciadas na educação infantil e ir progredindo sistematicamente com novas experiências e aprendizagens. Dessa forma, a BNCC busca proporcionar uma educação significativa, alinhada com as necessidades e potencialidades dos estudantes, promovendo uma base sólida para o desenvolvimento integral ao longo dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental.

Dentre as 8 competências da Base Nacional Comum Curricular para a área de Ciências da Natureza, as três primeiras competências tem muita proximidade com a Física.

⁶ Esse código pode ser entendido da seguinte forma: os dois primeiros dígitos definem a etapa da educação, o 3º e 4º definem a idade, o 5º e o 6º algarismo representam o campo de experiências, os últimos algarismos representam a sequência de experiências para cada faixa etária

1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.
2. Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
3. Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.

A componente curricular de Ciências no Ensino Fundamental, foi dividida em 3 unidades temáticas, são elas:

- Matéria e energia.
- Vida e evolução.
- Terra e Universo.

Esses três eixos temáticos são trabalhados desde o 1º ano até o 9º ano do Ensino Fundamental. O quadro 2.2 traz a divisão das unidades temáticas de Ciências da Natureza juntamente com os objetos de conhecimento para o 1º ano do Ensino Fundamental.

Quadro 2.2: Unidades temáticas de Ciências da Natureza na BNCC.

CIÊNCIAS – 2º ANO	
UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO
Matéria e energia	Características dos materiais
Vida e evolução	Corpo humano
	Respeito à diversidade
Terra e Universo	Escalas de tempo

fonte: Brasil (2018)

2.2.3 Ensino Médio

O Ensino Médio corresponde à última etapa da educação básica, sendo dividido em três séries e ofertado nas modalidades Regular e Educação de Jovens e Adultos (EJA). Este trabalho se concentra especificamente na modalidade regular.

Assim como nas etapas anteriores da educação básica, o componente curricular de Física está inserido na grande área de Ciências da Natureza, juntamente com Biologia e Química. A principal diferença em relação às etapas anteriores é o maior rigor matemático, que será explorado com mais intensidade.

De acordo com a BNCC, os principais objetivos do Ensino Médio são:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Nesse contexto, o ensino de Física está diretamente conectado a quase todos os objetivos estabelecidos pela BNCC para o Ensino Médio. A Física, iniciada já no ensino infantil, desempenha um papel crucial na preparação dos alunos para o aprendizado contínuo. Ela não só participa do processo de desenvolvimento intelectual, mas também facilita a compreensão de conceitos científicos e tecnológicos fundamentais. Além disso, a Física estimula o pensamento crítico e analítico, habilidades essenciais para a resolução de problemas complexos e para a tomada de decisões informadas na vida cotidiana. Assim, o ensino de Física contribui significativamente para formar cidadãos mais preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo, promovendo uma educação integral e de qualidade.

Na formulação das competências específicas e habilidades para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC enfatiza conhecimentos conceituais que dão continuidade ao Ensino Fundamental, destacando sua relevância para o ensino de Física, Química e Biologia no Ensino Médio. Assim, a BNCC propõe um aprofundamento nas temáticas de Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. Esses conhecimentos conceituais formam uma base que capacita os estudantes a investigar, analisar e discutir situações-problema provenientes de diversos contextos socioculturais. Além disso, possibilitam a compreensão e interpretação de leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os alunos podem revisitar e expandir seus próprios conhecimentos sobre esses temas, reconhecendo tanto as potencialidades quanto as limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

2.3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) foi proposta pelo psicólogo norte-americano David Paul Ausubel na década de 1960, em seu trabalho *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Trata-se de uma teoria cognitivista⁷ que se baseia no conhecimento prévio que o aluno possui sobre um determinado tema. Esse conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva dos alunos é denominado subsunçor⁸. Os subsunçores permitem que o educador tenha um ponto de partida para fazer uma conexão com o novo conhecimento a ser aprendido, garantindo assim que a aprendizagem seja significativa.

O uso de organizadores prévios é uma proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si (Moreira, 1999).

Nesse contexto, os conhecimentos prévios, ou subsunçores, servem como um elo de ligação entre os conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos alunos e o novo conhecimento a ser adquirido. Como a Física estuda a natureza, ela está presente em toda parte e se faz presente na vida dos estudantes. Especialmente no tema de eletrodinâmica, é necessário que o professor busque maneiras de relacionar o conteúdo trabalhado com o cotidiano dos estudantes.

A TAS foi a teoria que melhor se adequou a este trabalho, pois enfatiza a importância da conexão entre novos conhecimentos e os saberes prévios dos alunos. O tema abordado ao longo do estudo estabelece uma relação direta com a realidade dos educandos, permitindo que eles assimilem os novos conceitos estudados, fazendo ligação com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, como discutido no capítulo cinco.

Um indivíduo aprende significativamente quando consegue dar sentido ao que aprende, mas esses significados são sempre de natureza subjetiva, atributos pessoais. Portanto, a aprendizagem que não tem significado pessoal ou relação com o conhecimento prévio do aluno não é considerada significativa, mas mecânica (Júnior et al., 2023) .

⁷ A teoria cognitivista é um modelo de aprendizagem que foca nos processos mentais internos, como percepção, memória, e raciocínio, para explicar como as pessoas compreendem, organizam e retêm informações. Ela enfatiza que o aprendizado ocorre quando o indivíduo constrói significados a partir de suas próprias experiências e conhecimentos prévios.

⁸ Subsunçor é um conceito da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, referindo-se ao conhecimento prévio armazenado na estrutura cognitiva do indivíduo que serve como ponto de ancoragem para novos conhecimentos, facilitando a compreensão e a retenção de informações.

Dessa forma, para que o ensino de Física seja realmente significativo, é fundamental que o educador estabeleça conexões entre os conteúdos teóricos e as experiências de vida dos alunos. Integrar os conhecimentos prévios com novos conceitos científicos permite que os estudantes compreendam a relevância prática da Física em suas vidas.

2.3.1 Aprendizagem significativa em sala de aula

O Ensino de Física no Brasil, desde os primeiros passos, no período colonial, vem passando por uma série de dificuldades. Segundo Moreira (2017) os principais problemas são: despreparo de professores; más condições de trabalho; número reduzido de aulas; estímulos à aprendizagem mecânica e perda de identidade do currículo.

A sala de aula é um ambiente onde novas ideias são sempre relevantes para o processo de Ensino-Aprendizagem. O professor de Física deve utilizar métodos de ensino que possibilitem a contextualização da matéria, como experimentos práticos, estudos de caso, problemas do cotidiano. A teoria e a prática ajudam os alunos a compreender o que estão aprendendo e como isso é importante para eles.

A metodologia de Ausubel ajuda os educadores a projetar planos abrangentes de instrução e treinamento que priorizam a aprendizagem ativa em vez de confiar apenas no estilo imersivo tradicional de ensino. Ao entender como os alunos “aprendem” em vez de apenas “saber”, a teoria de Ausubel permite que os educadores gerenciem melhor o processo geral de aprendizagem, desde a introdução de um novo assunto até a consolidação do que foi aprendido ao longo de uma agenda instrucional. (Júnior et al., 2023).

Segundo Farias (2018), em seu artigo “A psicologia educacional da aprendizagem significativa aplicada à programação escolar”, a TAS tem se destacado no ambiente escolar e vem ganhando reconhecimento na área educacional. Com a crescente aceitação dessa teoria, muitos pesquisadores passaram a focar em seus conceitos, relacionando a TAS com outras correntes e, conseqüentemente, desenvolvendo novas teorias. Um exemplo claro disso é o trabalho do físico brasileiro, Marco Antonio Moreira, que desenvolveu as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) com base na Teoria de Ausubel.

Para Moreira (1999), duas condições são essenciais para que haja uma aprendizagem significativa. A primeira é que o conteúdo ou material a ser aprendido seja potencialmente significativo ⁹. A segunda é que o aluno tenha disposição para aprender. Na ausência dessas

⁹ Um material potencialmente significativo deve se relacionar com algum conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva, podendo ser: uma imagem; um símbolo, um conceito; uma proposição.

duas condições, a aprendizagem se torna mecânica. Farias (2018) afirma que o sistema educacional brasileiro favorece a aprendizagem mecânica, que, segundo Moreira (2021), resulta em um conhecimento superficial e passageiro, utilizado apenas para passar nas provas, sendo rapidamente esquecido.

Os alunos decoram fórmulas, reações químicas, taxonomias, definições e “respostas corretas”, para acertarem o máximo possível nas provas. Pouco ou nada desses “conhecimentos” sobra depois das provas e é comum que os alunos desenvolvam uma atitude negativa em relação às disciplinas científicas. Na Física, é comum que jovens estudantes digam que “odeiam a Física” e adultos digam, com certa ironia, “que não sabem nada de Física” (Moreira, 2021).

De acordo com Moreira (2021), o processo que visa somente a preparação para provas é classificado pelo autor como um absurdo educacional. Para ele, o ensino de ciências deve ser significativo e duradouro, pois os conceitos de Biologia, Química e Física são fundamentais para a cidadania, constituem as bases da tecnologia e estão presentes ao longo de toda a vida.

Nessa perspectiva, cabe aos professores de Física tentar mudar o panorama educacional brasileiro. É necessário abandonar a educação tradicional e adotar um sistema de ensino onde o foco do processo ensino-aprendizagem esteja centrado no aluno. Nesse contexto, a TAS tem se mostrado uma abordagem importante e amplamente aceita para promover essa mudança. Anualmente, inúmeros trabalhos utilizando essa teoria são publicados em diversas áreas de ensino. No MNPEF, a teoria de Ausubel é uma das teorias mais utilizadas na elaboração de dissertações e produtos educacionais.

2.4 MAQUETES NO ENSINO DE FÍSICA

O ensino de Física na educação básica, muitas vezes, continua utilizando o método tradicional devido à falta de laboratórios nas escolas. Na rede estadual de ensino do Piauí, no município de Piripiri, nenhuma escola possui laboratório de Física. Como resultado, as aulas acabam sendo apenas conceituais e, frequentemente, os estudantes veem a Física como um conjunto de fórmulas a serem decoradas. Buscando mudar esse paradigma, criamos uma maquete de circuitos elétricos para ser utilizada em sala de aula, buscando, assim, facilitar o ensino de Física.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza a importância de habilidades interdisciplinares na educação, integrando conceitos de diferentes áreas do conhecimento. Dentro do campo da Matemática e da Geografia, a BNCC estabelece a habilidade (EF03MA12): “Descrever e representar, por meio de esboços de trajetões ou utilizando croquis e maquetes, a movimentação de pessoas ou de objetos no espaço” (Brasil, 2018).

Além do mais, a maquete desenvolvida nesse trabalho pode ser vista como um experimento de associação de resistores, pois a mesma não se trata, apenas de uma maquete visual. Na mesma é possível realizar medidas de grandezas físicas e também podem ser explorados processos de propagação de calor.

A realização de atividades prático-experimentais como estratégia didática tem sido apontada por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades em aprender e ensinar física de modo significativo e consistente.

Nos últimos anos, muitos trabalhos sobre o ensino de Física utilizando maquetes têm sido publicados. A seguir, destacamos alguns exemplos.

Silva, Caldas e Garcia (2020), apresentaram no Congresso Fluminense de Pós-Graduação o trabalho “Maquete didática funcional como recurso para aprendizagem significativa crítica sobre eletromagnetismo”, onde exploraram o uso de maquetes no ensino de eletromagnetismo. Tal trabalho mostra indícios de aprendizagem significativa.

No trabalho “Construção de uma maquete experimental automatizada para a determinação da constante de Planck com o auxílio da plataforma Arduino”, Oliveira et al. (2020a) exploraram a maquete como ferramenta pedagógica. Os excelentes resultados do experimento levaram à conclusão de que a utilização de maquetes pode remediar a falta de laboratórios nos cursos de Física na modalidade à distância.

O artigo “*Mock-up as a teaching resource for teaching wind energy*” de Teixeira et al. (2023), permitiu a apresentação e discussão do funcionamento de aerogeradores através de conteúdos de Física. Além disso, a utilização de maquetes no ensino de temas transversais torna o ensino de Física mais conectado à evolução da sociedade moderna, permitindo o estudo de temas de eletricidade de forma simples e atrativa.

Outro ponto importante das maquetes está relacionado à educação inclusiva, podendo ser utilizadas com estudantes cegos e de baixa visão. No trabalho “Abordagem do campo elétrico com o uso de maquetes táteis visuais”, Souza, Facundo e Cruz (2023) confeccionaram uma maquete para trabalhar com alunos com deficiência visual. Para esse público, a interação com a maquete é fundamental, pois, a partir do tato e de outros

sentidos, eles conseguem compreender diversos conceitos, como mencionado por (Borges, 1998).

Nossa habilidade em dar explicações está intimamente relacionada com nossa compreensão daquilo que é explicado, e para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter um modelo funcional dele. O ponto chave da teoria é o de que o raciocínio humano se baseia em modelos mentais (Borges, 1998)."

Renner (2018), em seu trabalho "Construção de uma maquete tridimensional fosforescente da constelação de Órion: uma proposta didática para o ensino de Astronomia" propôs a construção do modelo representacional da constelação de Órion que se mostrou como uma ferramenta pedagógica poderosa que pode enriquecer o ensino de Física e Astronomia, tornando conceitos abstratos mais acessíveis e promovendo uma aprendizagem interdisciplinar e prática. Isso não só facilita a compreensão dos conteúdos, mas também contribui para a formação crítica e significativa dos alunos, preparando-os melhor para entenderem o mundo ao seu redor.

No artigo "O Uso de Maquetes no Ensino de Física", Munhoz e Bueno (2015) trouxeram contribuições significativas para o ensino de cinemática no ensino fundamental. Em seu estudo qualitativo, foram observados resultados positivos, como o aumento do interesse e da participação dos estudantes, a centralização do aluno no processo de ensino-aprendizagem e a conexão entre o conhecimento científico e a vida cotidiana dos alunos. Este último ponto está fortemente relacionado à teoria da aprendizagem significativa, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais atrativo para os alunos, que frequentemente apresentam aversão à Física.

Na dissertação "Desenvolvimento e Aplicação de uma Maquete sobre as Leis de Kepler para Inclusão de Alunos com Deficiência Visual no Ensino de Física", Mendonça (2015) utilizou uma maquete construída com materiais de baixo custo para aproximar alunos com deficiência visual aos conceitos de Física. A maquete se mostrou fundamental para a transmissão de conhecimento, conforme evidenciado pelos relatos dos alunos que participaram das aulas com a intervenção dessa ferramenta pedagógica. Além de promover a inclusão social dos alunos com deficiência visual, a maquete também beneficiou os alunos sem problemas visuais, pois facilitou a compreensão das Leis de Kepler, que frequentemente são ensinadas de forma apenas conceitual.

No artigo "Construção de uma Maquete de Sistema Planetário como Atividade Auxiliar ao Ensino de Astronomia nos Cursos de Física", Filho et al. (2017) exploram a

criação de uma maquete dinâmica para uso em cursos de Física. Eles enfatizam que a construção da maquete deve ser desenvolvida pelos próprios estudantes, com o objetivo de estimular habilidades em desenho geométrico e a compreensão das Leis de Kepler. Os autores afirmam:

Na área da educação, há situações em que uma imagem vale mais que muitas palavras, porque muitas vezes os alunos não conseguem mentalizar um objeto ou um fenômeno descrito de forma meramente verbal. Há também situações em que um vídeo vale mais que várias imagens, porque há fenômenos que, devido às suas dinâmicas, perdem a essência quando imobilizados por gravuras. Logo, por indução, somos levados a concluir que uma maquete como a proposta neste artigo vale mais que vários vídeos, devido à sua extensão sensorial que permite a ativação dos vários sentidos do aluno, graças ao seu contato direto com o objeto de estudo (Filho et al., 2017).

Silva, Ferreira e Lima (2024) ressaltam a importância das maquetes no processo de ensino-aprendizagem. Em seu trabalho “Maquete do Acelerador de Partículas Sirius: uma Abordagem Investigativa para Explorar a Geração da Luz Síncrotron”, ele observa que as maquetes estabelecem fortes analogias com o mundo real, concretizando conceitos abstratos. Com o auxílio desse recurso pedagógico, os alunos são colocados no centro do processo de ensino-aprendizagem, assumindo o papel de pesquisadores. Os autores também destacam que as maquetes introduzem um aspecto investigativo e experimental que se conecta com o cotidiano dos estudantes, como mostra o trecho abaixo:

Ou seja, a abordagem da maquete se dá em uma perspectiva de problema experimental investigativo que extrapola os limites do laboratório em direção ao cotidiano da sala de aula e às vivências dos estudantes. Neste sentido, a experimentação é o elemento de dialogia entre o aprendiz e o objeto do seu conhecimento, ela se configura num convite à ação, seja ela material, discursiva ou mental (Silva; Ferreira; Lima, 2024).

No artigo “Uma Maquete da Estrutura em Treliças Simples Triangulares para o Ensino de Estática”, Farias, Jesus e Oliveira (2020) propuseram a construção de uma ponte constituída por molas e varetas de bambu com o intuito de estudar fenômenos da mecânica e facilitar a visualização do comportamento das forças através da medida direta utilizando a lei de Hooke. Por meio desse experimento, os autores destacam que as maquetes são ferramentas eficazes para facilitar a compreensão das leis da Física.

No artigo “Construção de uma Maquete Experimental Automatizada para o Estudo da Polarização da Luz e Comprovação Experimental da Lei de Malus com o Auxílio da Plataforma Arduino”, Oliveira et al. (2020b) descrevem os procedimentos necessários para a

construção de uma maquete experimental automatizada. Utilizando a plataforma Arduino, o experimento foi realizado com materiais de baixo custo e resultou em uma ferramenta interativa e multifuncional, destinada a auxiliar professores e alunos no entendimento da lei de Malus e da polarização da luz.

Em uma apresentação na Mostra de Astronomia em Juazeiro do Norte, Almeida et al. (2019) expuseram uma maquete do sistema solar voltada para alunos com deficiência visual. A partir dos relatos obtidos dos participantes, a maquete foi considerada uma estratégia eficaz para compreender a localização dos planetas no Sistema Solar. Segundo os autores, é crucial buscar continuamente melhorias no ensino de Física para estudantes com deficiência. É necessário empenhar esforços para desenvolver mecanismos de aprendizagem que facilitem o ensino da Física e da Astronomia para alunos com deficiência visual, permitindo que, por meio do tato, eles também possam contemplar a beleza do Universo (Almeida et al., 2019).

Analisando a pesquisa bibliográfica, constata-se que as maquetes desempenham um papel de destaque no processo de ensino-aprendizagem. Com sua utilização, os alunos assumem um papel ativo no processo educativo, despertando curiosidade e estabelecendo conexões com suas vivências cotidianas. Por ser uma estratégia que requer poucos recursos, as maquetes podem ser aplicadas em diversos conteúdos para facilitar a explicação de conceitos abstratos. Sua versatilidade permite seu uso com diferentes públicos, incluindo na educação inclusiva. Esses atributos fazem das maquetes ferramentas úteis e importantes para a educação, contribuindo significativamente para um aprendizado mais envolvente e efetivo.

3 ELETRODINÂMICA

O fluxo de carga elétrica constitui uma corrente elétrica. Geralmente pensamos em correntes em fios condutores, mas o feixe de elétrons em um monitor de vídeo e o feixe de íons carregados em um acelerador de partículas também constituem corrente elétrica”.
(Tipler; Mosca, 2014, p.125)

A eletrodinâmica, como o próprio termo sugere, é um campo da Física que se dedica ao estudo das cargas elétricas em movimento ordenado. Essa área desempenha um papel fundamental na educação básica, especialmente no âmbito da física experimental, proporcionando aos estudantes uma compreensão prática dos princípios elétricos.

Além de sua importância acadêmica, a eletrodinâmica é incrivelmente versátil e possui inúmeras aplicações práticas que contribuem significativamente para a melhoria da qualidade de vida. Através desse campo, a humanidade alcançou a criação e evolução de diversos aparelhos eletrônicos que operam com base na passagem de corrente elétrica.

Desde seus primórdios até os dias atuais, a eletrodinâmica e suas aplicações têm desempenhado um papel crucial na vida cotidiana. Ao longo dos anos, tanto os aparelhos eletrônicos quanto os métodos de geração de eletricidade evoluíram consideravelmente. Atualmente, as principais formas de obtenção de eletricidade incluem hidrelétricas, usinas nucleares, parques solares, usinas eólicas e termelétricas.

Esses avanços representam não apenas conquistas tecnológicas, mas também transformações significativas na maneira como vivemos. Hoje, é impossível imaginar a vida sem os benefícios da eletricidade. A eletricidade tornou-se uma parte essencial da nossa existência, impulsionando inovações, facilitando a comunicação e proporcionando conforto e conveniência em nossas atividades diárias. A história da eletrodinâmica é, portanto, uma narrativa de progresso contínuo e impacto positivo na sociedade humana.

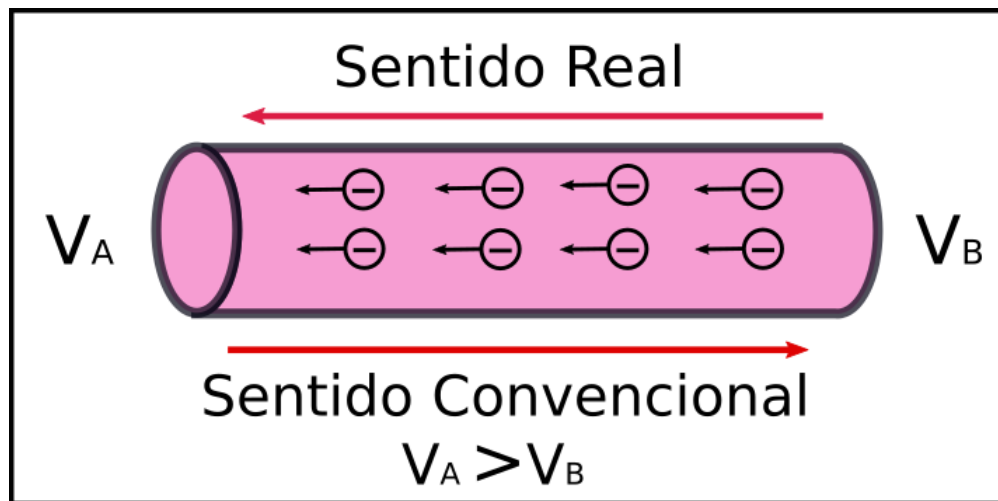
Através de sua notável versatilidade e aplicação abrangente, desenvolvemos uma sequência didática destinada a aprimorar a compreensão da eletrodinâmica e sua aplicação em maquetes de associação de resistores. Os tópicos selecionados serão abordados detalhadamente nas seções seguintes.

3.1 CORRENTE ELÉTRICA

Alguns materiais, como os metais, possuem elétrons livres que se movem livremente pelo material, caracterizando-os como condutores. Quando um material condutor é submetido a uma diferença de potencial (ddp) surge nesse material um movimento ordenado de elétrons que se movimentam do polo de menor potencial para o polo de maior potencial. Esse movimento ordenado de cargas negativas recebe o nome de corrente elétrica.

Existe dois sentidos para a corrente elétrica na literatura, o sentido real (do polo de menor potencial para o de maior potencial) e o sentido convencional (do polo de maior potencial para o de menor potencial) o sentido convencional é que adotaremos. A figura 2 ilustra os sentidos da corrente elétrica.

Figura 2 – Sentido real e sentido convencional da corrente elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A intensidade i da corrente elétrica através de uma dada secção de fio condutor é definida como a quantidade de carga que atravessa esta secção por unidade de tempo (Nussenzveig, 2015, p.99):

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}. \quad (1)$$

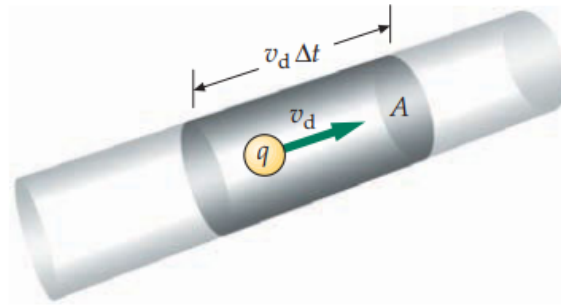
A unidade de medida de corrente elétrica, no Sistema Internacional de unidades (SI), é ampère (A), que corresponde à $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ onde C representa coulomb (unidade de medida da carga elétrica), e s, segundos (unidade de medida do tempo).

3.2 VELOCIDADE DE DERIVA

A velocidade de deriva (v) é a velocidade média com que os elétrons livres se deslocam em um condutor sob a influência de um campo elétrico. Em condições normais, mesmo em materiais condutores, os elétrons se movem aleatoriamente devido à agitação térmica, sem um deslocamento preferencial. No entanto, ao aplicar um campo elétrico externo, como em um circuito alimentado por uma fonte de tensão, os elétrons adquirem um movimento ordenado na direção oposta ao campo, resultando em um fluxo de corrente elétrica.

Para melhor descrever a velocidade de deriva, pode-se tomar como exemplo a figura 3.

Figura 3 – Fio percorrido por movimento ordenado de carga elétrica.



Fonte:(Tipler; Mosca, 2014)

Considerando n como o número de partículas carregadas móveis (ou portadores de carga) por unidade de volume em um condutor com seção transversal A . Onde n é a densidade de número de portadores de carga. Cada partícula possui carga q e se desloca no sentido positivo com uma velocidade de deriva v . Durante o intervalo de tempo Δt , todas as partículas contidas no volume $A v \Delta t$, representado na Figura 3 por uma região sombreada, atravessam o elemento de área. Assim, o número de partículas presentes nesse volume é $n A v \Delta t$, e a carga total no volume é dada por essa quantidade de partículas multiplicada pela carga q de cada partícula.

$$\Delta Q = q n A v \Delta t. \quad (2)$$

A corrente é, portanto,

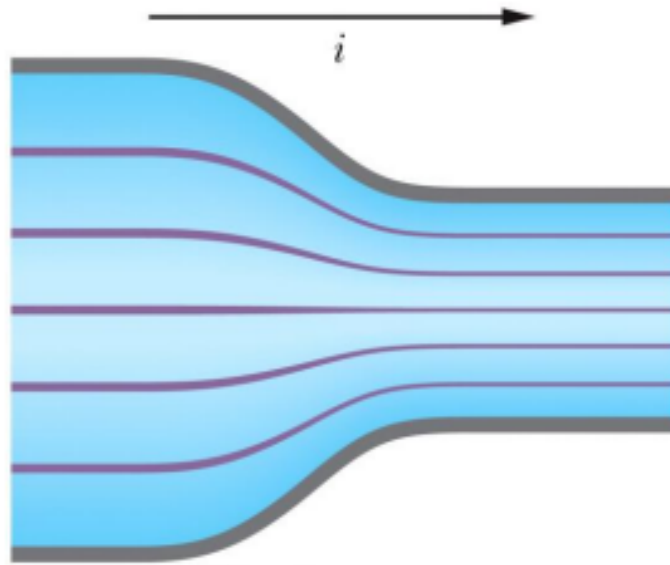
$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = q n A v. \quad (3)$$

3.3 DENSIDADE DE CORRENTE

Às vezes estamos interessados em conhecer a corrente total i em um condutor. Em outras ocasiões, nosso interesse é mais específico e queremos estudar o fluxo de carga através de uma seção reta que se estende apenas a uma parte do material (Halliday; Resnick; Walker, 2008).

A grandeza física citada pelo autor é a densidade de corrente (\vec{J}). Ela possui a mesma direção da corrente elétrica. A densidade de corrente é inversamente proporcional à área que a corrente atravessa, como é possível observar na figura 4. Com a redução da área, as linhas se tornam mais próximas, indicando uma densidade maior. A densidade de corrente pode ser escrita como a corrente dividida pela área do elemento.

Figura 4 – Linhas representando \vec{J} no fluxo de cargas através de um condutor com uma constricção.



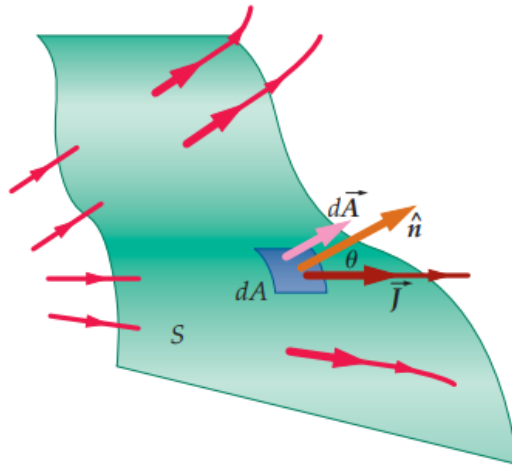
Fonte:(Halliday; Resnick; Walker, 2008)

A corrente total que atravessa a seção é:

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}. \quad (4)$$

Analisando a figura 5, é possível escrever a equação 4 da seguinte forma:

Figura 5 – Superfície atravessada por linhas de densidade de corrente \vec{J} .



Fonte:(Tipler; Mosca, 2014)

$$i = \int \vec{J} \cdot \hat{n} dA, \quad (5)$$

Onde $d\vec{A}$ é um elemento de área e \hat{n} é o vetor unitário normal à superfície S . Para \vec{J} uniforme e se a superfície é plana, \hat{n} é uniforme, então a equação 5 pode ser expressa na forma.

$$i = \vec{J} \cdot \hat{n} A = J A \cos \theta. \quad (6)$$

Quando $\theta = 0^\circ$, a equação 6 assume a forma:

$$J = \frac{i}{A}, \quad (7)$$

onde, A é a área total da superfície. Analisando a equação ??, é possível escrever a unidade de medida de densidade de corrente como A/m^2 .

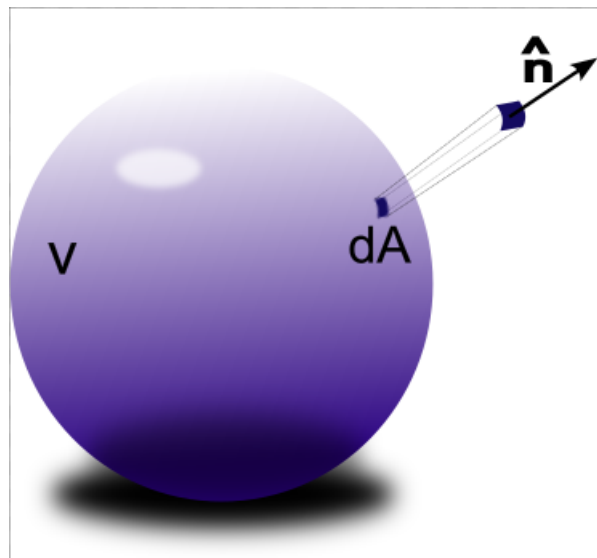
Caso não haja constrição como na figura 4 a corrente será, ou seja, estacionária refere-se a um regime em que a corrente elétrica em um circuito se mantém constante ao longo do tempo. A quantidade de carga que atravessa uma seção do condutor por unidade de tempo não varia. Esse conceito é fundamental na análise de circuitos de corrente contínua (CC), onde a corrente flui de maneira contínua e uniforme.

3.4 CONSERVAÇÃO DA CARGA E EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE

Um princípio tão geral quanto o da conservação da energia e para o qual também não se encontrou até hoje nenhuma violação é o da conservação da carga elétrica: a carga total de um sistema isolado nunca se altera. É possível criar ou aniquilar cargas, mas sempre de forma consciente com esse princípio (Nussenzveig, 2015, p.101).

Considerando um volume qualquer V envolto por uma superfície de área A com um vetor \hat{n} perpendicular à superfície (figura 6).

Figura 6 – Volume de integração.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por definição, o fluxo da densidade de carga representa a quantidade de carga que sai de V por unidade de tempo através de A , num dado instante; a quantidade que sai durante um intervalo dt é

$$dt \oint_S \vec{J} \cdot \hat{n} dA \quad (8)$$

Pela lei da conservação da carga, no volume V teremos uma perda de carga $-dQ$, no instante considerado, ou seja,

$$\oint_S \vec{J} \cdot \hat{n} dA = -\frac{dQ}{dt}. \quad (9)$$

Considerando que a carga total contida no volume V é dada por

$$Q = \int_V \rho dV, \quad (10)$$

sendo ρ a densidade volumétrica de carga, podemos tomar

$$\frac{dQ}{dt} = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV. \quad (11)$$

Pelo teorema de Gauss,

$$\oint_S \vec{J} \cdot \hat{n} dA = \int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{J} dV, \quad (12)$$

e usando as equações 9 e 11 com o auxílio da equação 12, obtemos o princípio da conservação da carga.

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}. \quad (13)$$

A equação 13 diz que a variação da densidade de carga elétrica ρ em um ponto ao longo do tempo está relacionada ao fluxo de corrente elétrica \vec{J} que atravessa essa região. As consequências dessa equação são:

- A equação garante a conservação da carga elétrica, pois ela expressa matematicamente que a carga elétrica não pode ser criada nem destruída, apenas movimentada.
- Se a densidade de carga ρ em um local está diminuindo $\frac{\partial \rho}{\partial t} < 0$, isso significa que há um fluxo de corrente elétrica saindo dessa região.
- Se a densidade de carga aumenta $\frac{\partial \rho}{\partial t} > 0$, então há um fluxo de corrente convergindo para esse ponto.

Essa equação está associada à Lei da Conservação da Carga e desempenha um papel fundamental na formulação das equações de Maxwell, especialmente quando combinada com a equação de Gauss para o campo elétrico.

3.5 RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE

Quando submetemos barras de dimensões idênticas, por exemplo, feitas de ferro e alumínio, à mesma diferença de potencial, observamos resultados bastante distintos. A resistência elétrica é a propriedade do material que influencia essa diferença (Halliday; Resnick; Walker, 2008).

A resistência é definida como

$$R = \frac{V}{i} \quad (14)$$

e sua unidade de medida é o ohm (Ω).

Os resistores exercem uma função essencial nos dispositivos eletrônicos, sendo extensamente utilizados para a regulação precisa e direcionamento da corrente elétrica. Disponíveis em diversas formas e tamanhos, os resistores desempenham um papel crucial na configuração de circuitos. Para representá-los graficamente, existem dois símbolos amplamente reconhecidos: o símbolo americano e o símbolo europeu, ambos fundamentais para a compreensão e interpretação dos circuitos elétricos.

Figura 7 – Símbolos dos resistores.



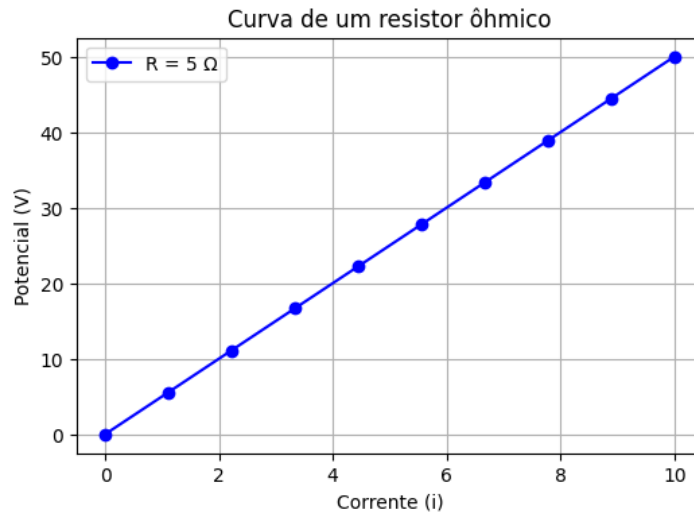
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para muitos materiais, a resistência de uma amostra do material não depende da queda de potencial nem da corrente. Tais materiais são chamados de resistores ôhmicos (Tipler; Mosca, 2014). Nos materiais ôhmicos a resistência do material é constante, ou seja, ela não varia com o tempo. Nesses elementos, é válida a lei de Ohm.

$$V = Ri. \quad (15)$$

O gráfico 8 traz a curva de um resistor ôhmico. Podemos interpretar o gráfico como a resistência (R) sendo constante. Em qualquer ponto da reta, a resistência possui o mesmo valor. Esse gráfico é um gráfico de uma função do primeiro grau $y = ax + b$. Nessas condições, ao se escolher qualquer ponto da reta, e calcular o valor de R , o resultado será sempre o mesmo.

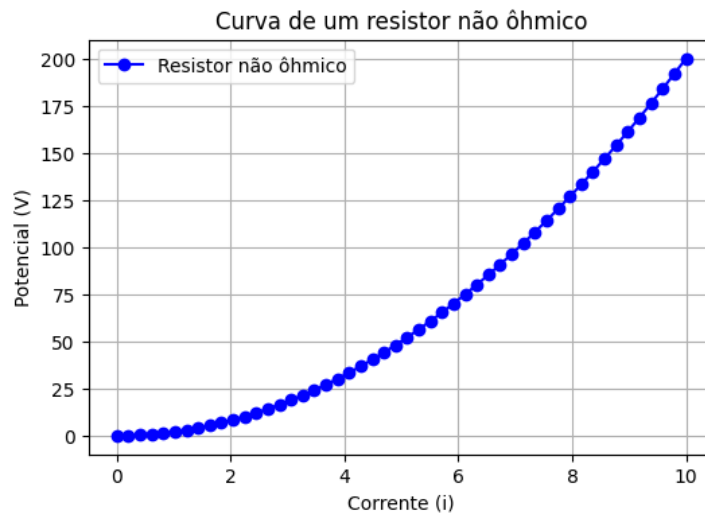
Figura 8 – Corrente x potencial para resistor ôhmico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para uma série de materiais, a relação V/i não é linear, nesses casos, o resistor é não ôhmico. O comportamento desses resistores gera uma curva que se aproxima de uma função do tipo exponencial ($y = a^x$), como mostra o gráfico 9.

Figura 9 – Corrente x potencial para resistor não ôhmico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A lei de Ohm não é uma lei fundamental da natureza, como as leis de Newton ou as leis da termodinâmica, mas sim uma descrição empírica de uma propriedade compartilhada por muitos materiais sob condições específicas (Tipler; Mosca, 2014). A resistência de um condutor não está somente ligada à diferença de potencial em que o condutor está submetido e à corrente que o atravessa, essa grandeza depende do comprimento do condutor L e da sua área transversal A . A resistência também muda com a variação de temperatura.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (16)$$

A equação 16 traz um novo olhar sobre a resistência dos materiais. Nota-se que a resistência é diretamente proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional a sua área transversal. O termo ρ é uma constante de proporcionalidade e é chamada de resistividade do material. A resistividade dos metais está diretamente ligada à temperatura que eles se encontram. Havendo variação de temperatura ΔT do metal, haverá variação na resistividade do material.

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha\Delta T], \quad (17)$$

onde α é o coeficiente de temperatura da resistividade.

O quadro 3.5 fornece a resistividade e o coeficiente de temperatura para vários materiais.

Quadro 3.1: Resistividade dos materiais em relação a temperatura.

Resistividade e coeficientes de temperatura		
Material	Resistividade ρ a 20° C, $\Omega \cdot m$	Coeficiente de temperatura α a 20°C
Alumínio	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$3,93 \cdot 10^{-3}$
Ferro	$10 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Chumbo	$22 \cdot 10^{-8}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$
Mercúrio	$96 \cdot 10^{-8}$	$0,89 \cdot 10^{-3}$
Platina	$100 \cdot 10^{-8}$	$3,927 \cdot 10^{-3}$
Prata	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Carbono	$3500 \cdot 10^{-8}$	$-0,5 \cdot 10^{-3}$

Fonte: (Zemansky; III, 2015)

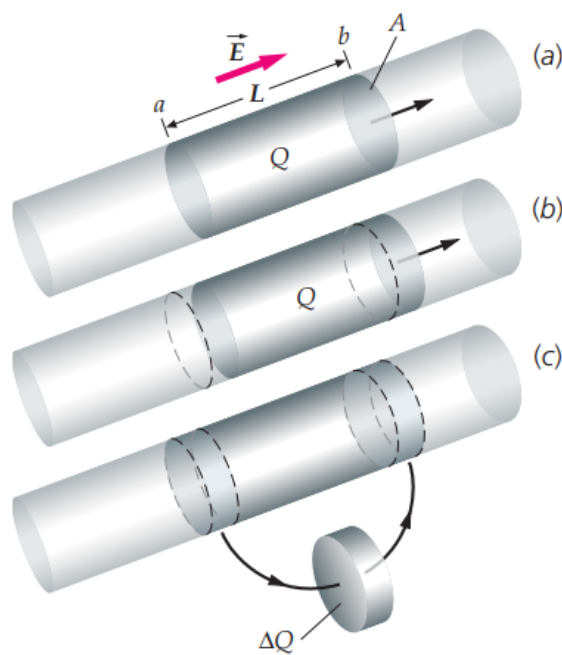
3.6 POTENCIAL ELÉTRICO E POTÊNCIA ELÉTRICA

A potência elétrica é uma medida da taxa na qual a energia elétrica é transferida ou convertida em um sistema elétrico. Em termos mais simples, é a quantidade de energia consumida ou produzida por unidade de tempo.

De acordo com Tipler e Mosca (2014), para descrever a potência elétrica, imagine um segmento de fio com comprimento L e uma seção transversal de área A . Este fio conduz uma corrente estacionária, que será considerada como carga livre positiva movendo-se para a direita, como é possível observar na figura 10. Durante um intervalo de tempo

Δt , essa carga experimenta um pequeno deslocamento para a direita. Esse deslocamento pode ser equiparado a uma quantidade de carga ΔQ sendo transferida da extremidade esquerda, onde possui uma energia potencial $\Delta Q V_a$, para a extremidade direita, onde assume uma energia potencial $\Delta Q V_b$. Consequentemente, a variação na energia potencial pode ser expressa como:

Figura 10 – Carga ΔQ se deslocando em um fio condutor. Na parte a) da figura ela se encontra no ponto a do fio, percorrendo-o até chegar no ponto b , ilustrado na parte c) da figura.



Fonte: (Tipler; Mosca, 2014)

$$\Delta U = \Delta Q(V_b - V_a) \quad (18)$$

Como $V_a > V_b$, há uma perda de energia potencial, dessa forma, podemos escrever,

$$-\Delta U = \Delta Q V, \quad (19)$$

onde $V = V_a - V_b$ é a queda de potencial no segmento do fio, no sentido do deslocamento da corrente. A taxa de perda de energia potencial é dada por:

$$-\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} V. \quad (20)$$

Tomando o limite quando Δt tende a zero, pode-se escrever

$$-\frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt}V. \quad (21)$$

Como $i = \frac{dQ}{dt}$, e a taxa de perda de energia potencial representa a potência, temos

$$P = VI. \quad (22)$$

A unidade de medida padrão para a potência é o watt (W), que é equivalente a joules por segundo.

Associando a relação da potência com a lei de Ohm, podemos reescreve-la de outras formas, como

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}. \quad (23)$$

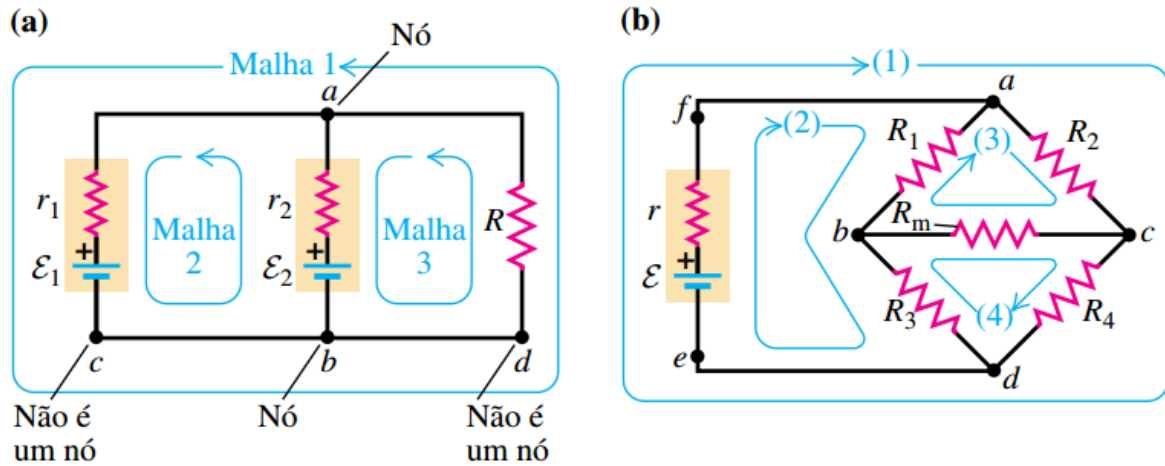
Essas relações são importantes para a análise da maquete. A partir delas, podemos estudar a potência (brilho) das lâmpadas no circuito e o efeito Joule (conversão de energia elétrica em calor) gerado nas lâmpadas.

3.7 LEIS DE KIRCHHOFF

As leis de Kirchhoff¹ são ferramentas importantes para a análise de qualquer circuito elétrico (Zemansky; III, 2015). Muitos circuitos elétricos demandam uma análise mais detalhada, estendendo-se além das formas simples de associação de resistores, como aquelas comumente abordadas na educação básica, tais como associações em série e paralelo. Circuitos mais complexos exigem a aplicação de ferramentas mais sofisticadas para sua resolução. Na figura 11, são apresentados dois circuitos que não podem ser simplificados por meio da associação direta de resistores em série e paralelo.

¹ As leis de Kirchhoff são uma ferramenta poderosa para a resolução de circuitos elétricos e podem ser usadas em uma ampla variedade de situações

Figura 11 – Circuitos que não podem ser reduzidos a combinações simples envolvendo apenas resistores em série e em paralelo.



Fonte: (Zemansky; III, 2015)

Para analisar esses circuitos, usaremos as técnicas desenvolvidas pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), conhecidas como Leis de Kirchhoff. Trata-se de duas leis importantes para a análise de circuitos elétricos.

Para começar, iremos estabelecer dois termos que serão recorrentes. Uma junção ou nó refere-se a um ponto no circuito onde três ou mais condutores se encontram. Esse ponto também é conhecido como nodo ou ponto de ramificação. Já o termo malha é utilizado para descrever qualquer caminho condutor fechado.

Na figura 11, os nós são indicados pelas letras a e b . As linhas azuis indicam as possíveis malhas do circuito.

As leis de Kirchhoff são enunciadas como:

1. **Lei dos nós:** a soma algébrica de todas as correntes entram em um nó são iguais a zero, ou seja,

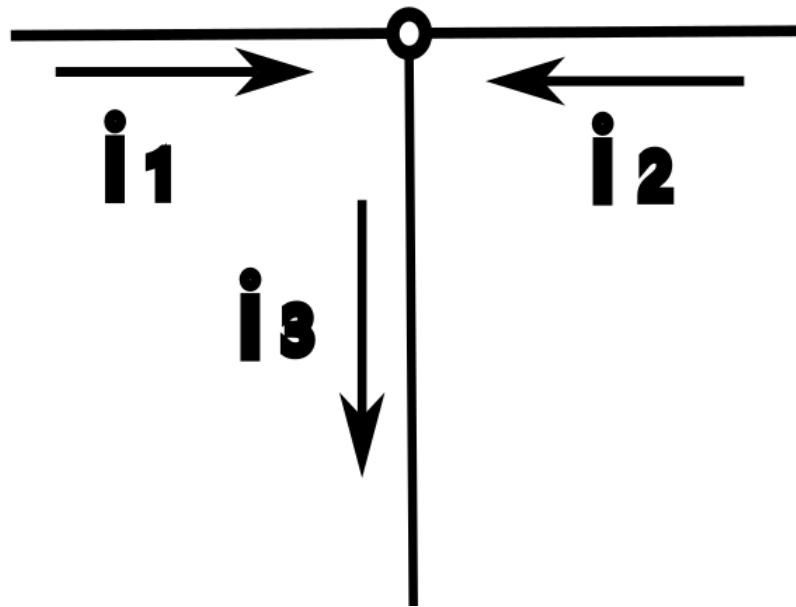
$$\sum i = 0 \quad (24)$$

2. **Lei das malhas:** a soma algébrica de todas as diferenças de potencial através de uma malha é zero, portanto,

$$\sum V = 0 \quad (25)$$

A lei dos nós fundamenta-se no princípio da conservação da carga elétrica. Em um nó, não é possível o acúmulo de cargas, portanto, a carga total que entra em um nó por unidade de tempo deve ser equivalente à carga total que sai por unidade de tempo, figura 12. Se considerarmos o fluxo de cargas que se movem no sentido horário como positivas e as que se movem no sentido anti-horário como negativas, a soma algébrica de todas as correntes que entram ou saem do nó deve ser igual a zero.

Figura 12 – Lei dos nós de Kirchhoff.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao percorrer uma malha específica, medindo todas as diferenças de potencial através dos elementos sucessivos do circuito, é necessário garantir que, ao retornar ao ponto de partida, a soma algébrica de todas as diferenças de potencial seja igual a zero. Caso contrário, não seria possível atribuir um potencial definido a esse ponto.

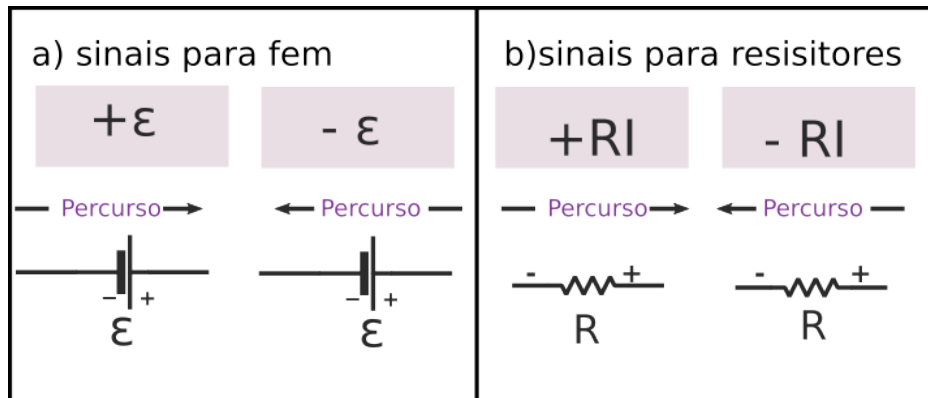
3.7.1 Convenções de sinais para a lei das malhas

Usando apenas as duas leis de Kirchhoff, resolvemos um grande número de problemas de circuitos elétricos. Geralmente, alguns valores da fem das fontes, das correntes e das resistências são conhecidos; outros, não. Usando as leis de Kirchhoff, devemos sempre obter um número de equações igual ao número de incógnitas, a fim de resolver simultaneamente o sistema de equações. Em geral, a parte mais trabalhosa da solução é o uso correto dos sinais algébricos (Zemansky; III, 2015).

Ao tentar resolver um problema aplicando as leis de Kirchhoff é necessário algumas convenções de sinais. O primeiro passo é adotar um sentido para a corrente elétrica, a partir

daí, percorrer o circuito e adicionar os termos iR em cada resistor. Ao atravessar uma fonte no sentido de $-$ para $+$, a força eletromotriz (fem) deve ser considerada positiva, caso contrário, negativa. Ao atravessar um resistor no mesmo sentido adotado pela corrente, o termo iR deve ser negativo, caso contrário, positivo. A figura 13 ilustra como os sinais devem ser adotados.

Figura 13 – Conversão de sinais para fem e para resistores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4 METODOLOGIA

A aplicação do projeto que resultou nesta dissertação e no produto educacional ocorreu na Unidade Escolar Cassiana Rocha, no período de novembro de 2023. Trata-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa, desenvolvida ao longo de oito aulas, divididas em cinco etapas, com o objetivo de promover uma compreensão mais significativa dos conceitos de corrente elétrica, primeira lei de Ohm, potência elétrica e associação de resistores por meio do uso de uma maquete interativa.

4.1 ETAPAS DO PROJETO

Etapas 1: Aplicação do pré-teste

A primeira etapa teve a duração de uma aula e consistiu na aplicação de um pré-teste, composto por seis questões objetivas e discursivas sobre conceitos relacionados à eletrodinâmica. O objetivo dessa avaliação diagnóstica foi identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema trabalhado.

Os alunos foram organizados na sala de aula e receberam o teste impresso. Ao final do tempo estipulado, um aluno foi designado para recolher os testes e entregá-los ao professor. Com os dados coletados, foi realizada uma análise das respostas, permitindo ao professor compreender as principais dificuldades e equívocos conceituais dos estudantes.

Etapas 2: Aulas teóricas baseadas nos conhecimentos prévios

Com base nos resultados do pré-teste, foi dado início à segunda etapa, composta por três aulas expositivas e dialogadas, nas quais foram abordados os seguintes conteúdos:

- Corrente elétrica;
- Primeira Lei de Ohm;
- Potência elétrica;
- Associação de resistores (série, paralelo e mista).

As aulas foram realizadas presencialmente, utilizando como principais ferramentas o quadro e o pincel, permitindo a resolução de exercícios e a discussão dos conceitos.

Etapas 3: Interação com a maquete

Esta etapa teve duração de duas aulas e consistiu na interação prática dos estudantes com a maquete desenvolvida para o projeto. A atividade foi organizada da seguinte maneira:

1. Introdução ao experimento: O professor apresentou a maquete e explicou seu funcionamento, incluindo a montagem do circuito elétrico e a inserção das lâmpadas de LED nos locais adequados.
2. Medições de tensão: Os alunos, com a orientação do professor, utilizaram um multímetro digital para realizar medições de tensão elétrica nas associações em série, paralelo e mista. Os resultados foram anotados em seus cadernos.
3. Medições de temperatura: O professor apresentou um termômetro infravermelho e instruiu os estudantes sobre seu uso. Foram realizadas medições da temperatura das lâmpadas de LED.
4. Troca das lâmpadas e novas medições: As lâmpadas de LED foram substituídas por lâmpadas halógenas, e novas medições de tensão e temperatura foram realizadas e registradas.
5. Análise dos resultados: Os estudantes discutiram os fenômenos físicos observados, comparando os resultados obtidos e levantando hipóteses sobre as diferenças entre os dois tipos de lâmpadas.
6. Atividade em grupo: A turma foi dividida em três grupos e recebeu uma atividade baseada nas observações feitas durante o experimento.

Etapá 4: Aplicação do pós-teste

Na aula seguinte, os alunos realizaram um pós-teste, estruturado de maneira semelhante ao pré-teste, mas com algumas questões reformuladas para avaliar a evolução da compreensão dos conceitos trabalhados. O processo de aplicação seguiu os mesmos moldes do pré-teste: os estudantes foram organizados, receberam os testes e, ao final, os exames foram recolhidos e entregues ao professor para análise.

Etapá 5: Pesquisa de satisfação

Por fim, foi realizada uma pesquisa de satisfação com os alunos, por meio de um formulário online elaborado no Google Forms. Os estudantes responderam ao questionário fora do ambiente escolar, garantindo maior liberdade na expressão de suas opiniões. Os dados coletados foram essenciais para compreender a percepção dos alunos sobre a proposta e para identificar aspectos positivos e pontos a serem aprimorados no método aplicado.

- Os resultados das diferentes etapas foram analisados de forma comparativa, considerando:

- O desempenho dos estudantes no pré e pós-teste, avaliando o avanço no entendimento dos conceitos trabalhados;
- As respostas da pesquisa de satisfação, que forneceram subsídios para avaliação do impacto do uso da maquete no aprendizado;
- As observações qualitativas feitas durante as aulas, como o grau de participação e envolvimento dos alunos nas atividades práticas.

A metodologia aplicada teve como base a aprendizagem significativa, proporcionando aos estudantes uma experiência que relacionou a teoria à prática por meio da interação com a maquete. A divisão das etapas permitiu uma progressão estruturada do aprendizado, indo desde a identificação dos conhecimentos prévios até a consolidação dos conceitos, evidenciada pela evolução dos estudantes nas avaliações e pela satisfação expressa na pesquisa. O projeto demonstrou que o uso de recursos didáticos concretos pode facilitar a compreensão de conceitos abstratos da física, despertando maior interesse e participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido nesse trabalho foi aplicado na Unidade Escolar Cassiana Rocha (UECR), localizada na Av. Tomaz Rebelo, 1080, centro, no município de Piripiri, no Estado do Piauí, no ano de 2023. A escola é pública e pertence a rede estadual de ensino, ofertando as modalidades de Ensino Médio Regular e Educação de Jovens e Adultos. O trabalho foi desenvolvido em uma turma de 3º Ano do ensino médio sobre o tema de Associação de Resistores. A sequência didática (SD), que resultou nesse trabalho, teve a duração de 8 aulas presenciais, que foram desenvolvidas de 13 de novembro de 2023 a 29 de novembro de 2023. Devido à baixa carga horária da disciplina de Física o autor utilizou algumas aulas da disciplina de Recomposição da Aprendizagem para a aplicação e desenvolvimento do trabalho.

Para a aplicação do produto educacional, dividimos a SD em 5 etapas. Sendo elas apresentadas no quadro 5.1:

Quadro 5.1: Etapas da aplicação do produto educacional.

Etapas	Atividade	Quantidade de aulas
1	Aplicação do pré-teste.	1
2	Aulas baseadas nos conhecimentos prévios.	3
3	Interação com a maquete.	2
4	Aplicação do pós-teste.	1
5	Pesquisa de satisfação.	1

A seguir, um breve relato do que foi trabalhado em sala de aula.

Etapa 1

Nessa etapa, os educandos foram submetidos a um pré-teste, ilustrado na figura 14, para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre resistores. O pré-teste com as questões trabalhadas e as demais questões dos outros testes se encontram no apêndice E (produto educacional).

O objetivo dessa etapa foi coletar respostas sobre o tema de resistores existentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

Figura 14 – Aplicação do pré-teste



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Etapa 2

Essa consiste na maior das etapas. A partir dos resultados obtidos na Etapa 1, foi planejada uma sequência de 3 aulas baseadas nos conhecimentos prévios dos alunos. Foram trabalhados os seguintes temas: Corrente elétrica e a primeira Lei de Ohm; Resistência Elétrica e Associação de Resistores; Potência Elétrica e Efeito Joule. Espera-se que, com a aplicação do projeto, os educandos desenvolvam uma das competências gerais da educação básica, mais precisamente, a competência 2 da BNCC, que destaca a importância de cultivar a curiosidade intelectual e aplicar métodos científicos como investigação, reflexão, análise crítica, imaginação e criatividade.

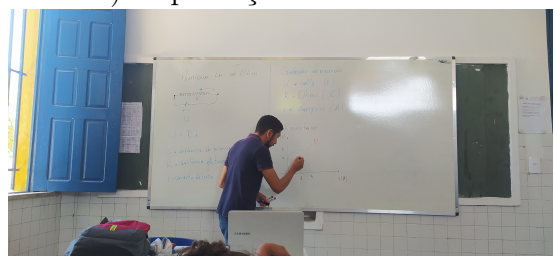
O objetivo das aulas desenvolvidas foi introduzir novos conceitos sobre o tema do trabalho na estrutura cognitiva dos alunos. As figuras 15 e 16 ilustram um pouco da experiência desenvolvida em sala de aula durante a aplicação do produto educacional.

Figura 15 – Aula sobre o conteúdo.

a) Alunos participando.

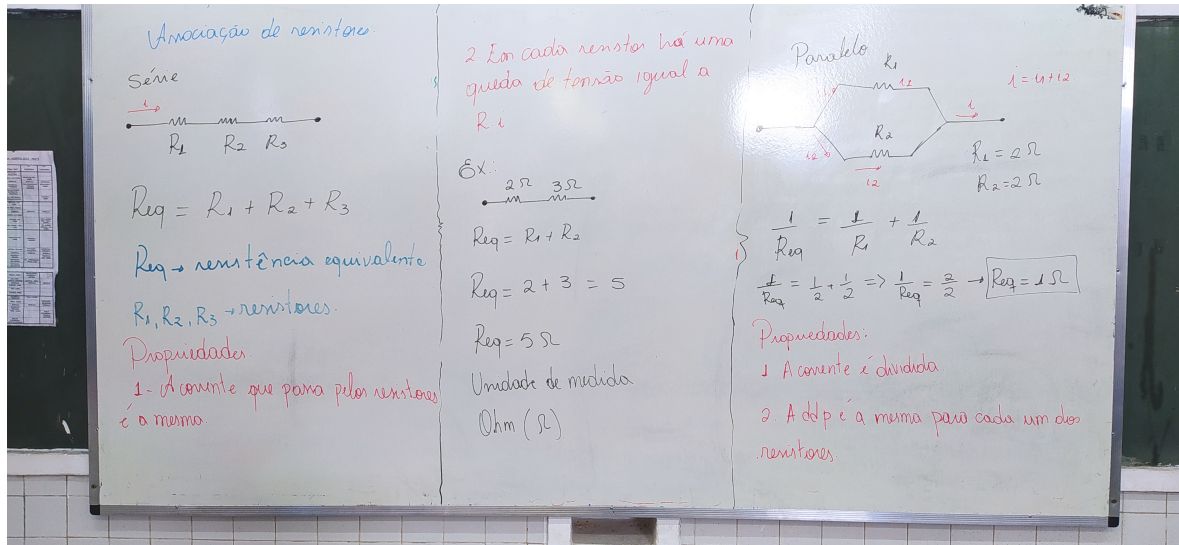


b) Explicação do conteúdo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 16 – Exposição de conteúdos.

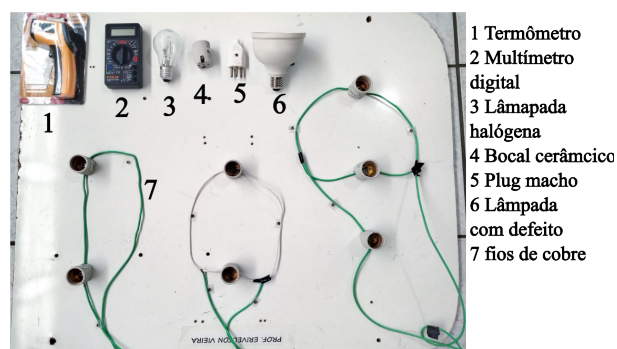


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Etapa 3

Nessa etapa, os alunos tiveram a oportunidade de conhecer e manusear a maquete, proporcionando um momento de participação e entusiasmo. Eles interagiram diretamente com dispositivos como o multímetro digital e o termômetro de infravermelho digital, explorando suas funcionalidades e aplicações práticas. A figura 17 ilustra os materiais que foram utilizados nessa etapa.

Figura 17 – Maquete com os materiais utilizados.



Elaborado pelo autor (2024).

Com as observações e descobertas feitas durante a atividade prática, uma tarefa foi apresentada aos alunos. Esta lista de questões foi projetada para que eles aplicassem as informações e habilidades adquiridas durante a manipulação dos dispositivos. Com

os resultados obtidos no multímetro sobre a tensão elétrica e, com o conhecimento da potência das lâmpadas, foi possível calcular a resistência elétrica dos resistores presentes na maquete. Também foi possível observar, na prática, o fenômeno de curto-circuito e efeito Joule.

Os objetivos dessa etapa foram: conhecer e manusear a maquete; conhecer e manusear dispositivos como multímetro e termômetro; observar o efeito joule; realizar medidas de tensão elétrica nas associações de resistores.

Materiais utilizados nessa etapa:

- 5 lâmpadas LED;
- 5 lâmpadas halogenas;
- 1 multímetro digital;
- 1 termômetro digital;
- 1 lâmpada em curto (que não funciona).

Figura 18 – Interação com a maquete



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 19 – Medidas com dispositivos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Etapa 4

A penúltima etapa do trabalho foi o momento para a aplicação do pós-teste, cujo objetivo era obter respostas dos alunos sobre o tema de resistores após todo o desenvolvimento das etapas anteriores da proposta.

Com os resultados obtidos com a aplicação do pós-teste, tornou-se possível avaliar o trabalho, a participação e o engajamento dos estudantes durante a realização das atividades.

Etapa 5

A última etapa da proposta contou com o auxílio de uma pesquisa de satisfação (escala Likert¹). A ideia surgiu com o intuito de ouvir a opinião dos estudantes em relação às atividades desenvolvidas em classe. O questionário foi elaborado no “Google Formulário” e repassado para os alunos por meio de grupos de WhatsApp.

Na sala de aula foi explicada a importância da opinião dos alunos no processo de Ensino-Aprendizagem. Foram informados a responder ao questionário em casa, já que se tratava de um questionário on-line.

O objetivo dessa etapa foi coletar a opinião dos estudantes sobre o trabalho desenvolvido.

¹ Esse tipo de escala é amplamente utilizado em pesquisas de satisfação, sendo muito utilizada em trabalhos acadêmicos, como aponta Lucian e Dornelas (2015).

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo serão analisadas as respostas obtidas no pré-teste, na atividade aplicada junto com a maquete e no pós-teste. Para preservar a identidade dos participantes da pesquisa, os estudantes que participaram do projeto terão suas identidades mencionados diretamente, eles serão identificados por **Aluno 1, Aluno 2... Aluno 16.**

Com um grande problema de logística de transporte escolar, houve muitas faltas durante o desenvolvimento do projeto. Participaram de todas as etapas da proposta, 16 alunos. Dessa forma, só serão avaliados os estudantes que participaram de todas as etapas do projeto.

6.1 PRÉ-TESTE

A aplicação do pré-teste foi o primeiro contato com a turma no desenvolvimento do projeto. A seguir, as respostas dos participantes da pesquisa que foram coletadas pelo autor. No final dessa seção serão discutidos os resultados obtidos com a aplicação do produto.

1- O que são resistores?

Respostas para a 1ª questão do pré-teste

Quadro 6.1: Grupo 1: respostas para a primeira questão do pré-teste.

Conceito de dispositivo elétrico ou eletrônico	
Aluno 3:	É um dispositivo eletrônico.
Aluno 6:	É um componente eletrônico.
Aluno 7:	É um componente elétrico que tem a função de carga elétrica.
Aluno 14:	Dispositivos elétricos.
Aluno 15:	É tudo aquilo que está relacionado à eletricidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.2: Grupo 2: respostas para a primeira questão do pré-teste.

Função de controle ou regulação de corrente	
Aluno 10:	Dispositivos utilizados para regular a corrente elétrica que passa por um objeto.
Aluno 11:	É um circuito que regula a passagem de corrente.
Aluno 13:	Sistema elétrico para regular a corrente para que não ocorra curto-circuito.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.3: Grupo 3: respostas para a primeira questão do pré-teste.

Componentes de circuitos elétricos, aparelhos eletrônicos e fontes.	
Aluno 2:	São fontes de energia.
Aluno 9:	Lâmpada, secador e ventilador.
Aluno 14:	Aparelhos que liberam força.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.4: Grupo 4: respostas para a primeira questão do pré-teste.

Respostas sem grupo ou não responderam	
Aluno 1:	Não respondeu.
Aluno 4:	Dispositivos de registro de água e energia das casas.
Aluno 5:	Não respondeu.
Aluno 8:	Aparelho elétrico que tem função de mudar a corrente elétrica.
Aluno 12	Não respondeu.

Elaborado pelo autor (2024).

2- Cite aplicações de resistores no seu cotidiano.

Respostas para a 2ª questão do pré-teste

Quadro 6.5: Grupo 1: respostas para a segunda questão do pré-teste.

Lâmpadas	
Aluno 2:	Lâmpadas.
Aluno 3:	Baterias e lâmpadas.
Aluno 5:	Forno elétrico, chuveiro elétrico e lâmpadas.
Aluno 8:	Lâmpadas, carregador de celular, televisão.
Aluno 10	Baterias, lâmpadas e secador de cabelo.
Aluno 11:	Chuveiros elétricos, lâmpadas e secador de cabelo.
Aluno 16:	Lâmpadas, secador e ventilador.

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.6: Grupo 2: respostas para a segunda questão do pré-teste.

Eletrodomésticos em geral	
Aluno 1:	Aparelhos eletrodomésticos.
Aluno 5:	Forno elétrico, chuveiro elétrico e lâmpadas.
Aluno 9:	Ferro de passar, forno elétrico e secador de cabelo.
Aluno 15:	Air fryer, microondas, sanduicheira, secador e chapinha.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.7: Grupo 3: respostas para a segunda questão do pré-teste.

Tomadas, caixas de luz, carregadores e adaptadores	
Aluno 4:	Tomada e caixa de luz
Aluno 6:	Adaptador de energia.
Aluno 7:	Tomadas.
Aluno 8:	Lâmpadas, carregador de celular, televisão
Aluno 14:	Caixa de luz e tomadas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.8: Grupo 4: respostas para a segunda questão do pré-teste.

Eletrodomésticos	
Aluno 9:	Ferro de passar, forno elétrico e secador de cabelo.
Aluno 10:	Baterias, lâmpadas e secador de cabelo.
Aluno 11:	Chuveiros elétricos, lâmpadas e secador de cabelo.
Aluno 13:	Extensões e aparelhos de DVD.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3- Qual a unidade de medida de resistores?

Respostas para a 3ª pergunta do pré-teste

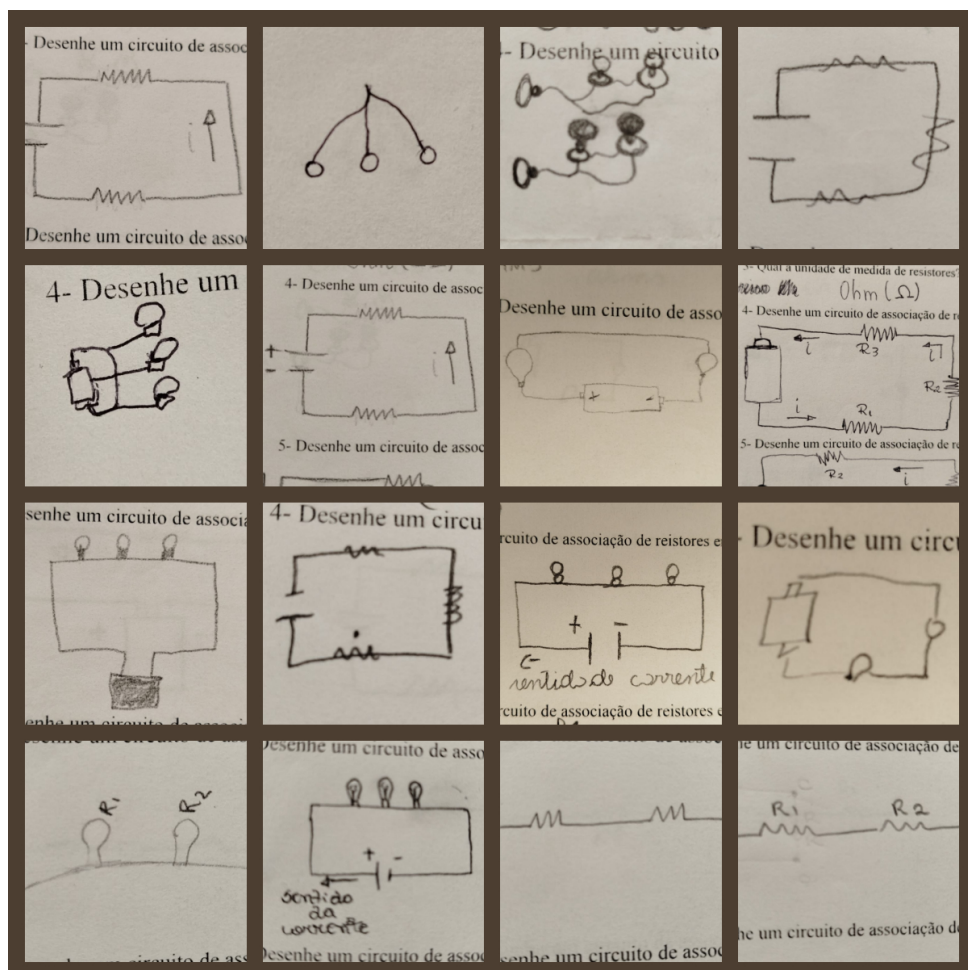
Quadro 6.9: Grupos de respostas da terceira pergunta do pré-teste.

Unidade de medida de corrente elétrica	Unidade de medida correta ou símbolo da unidade de medida
Aluno 1: Ampere.	Aluno 5: Ohm
Aluno 2: Ampere.	Aluno 6: Ômega
Aluno 4: Ampere.	Aluno 9: Ômega
Aluno 8: Ampere.	Aluno 14: Ohm
Unidade de medida de tensão elétrica	Não sabiam ou não responderam
Aluno 3: Volts.	Aluno 12. Sei lá.
Aluno 7: Volts.	Aluno 13. Não respondeu.
Unidade de medida de potência elétrica.	Aluno 15. Não respondeu.
Aluno 10: Watts.	Outra resposta
Aluno 11: Watts.	Aluno 16 $R_1 + R_2$

Elaborado pelo autor (2024).

4- Desenhe um circuito em série.

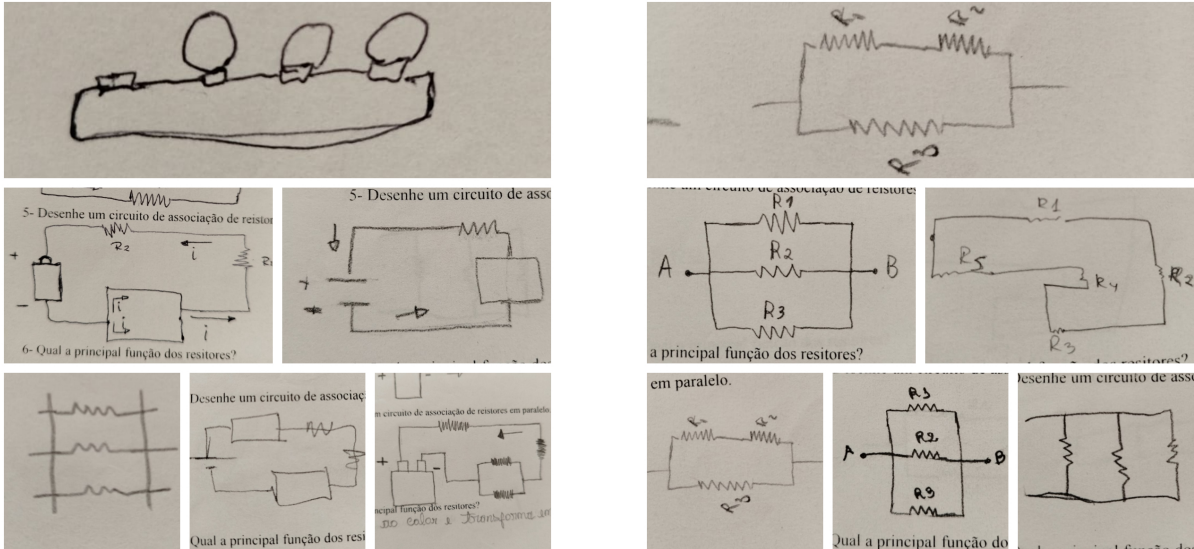
Figura 20 – Desenhos de circuitos em série elaborados pelos estudantes.



Fonte: Elaborado pelo autor(2024).

5- Desenhe um circuito em paralelo.

Figura 21 – Desenhos de circuitos em paralelo elaborados pelos estudantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

6- Qual a principal função dos resistores?

Respostas para a 6ª pergunta do pré-teste

Quadro 6.10: Grupos 1 e 2: Respostas da sexta questão do pré-teste.

Juntar, flexibilizar ou manipular a energia		Controle e regulação de energia	
Aluno 1:	Juntar as fontes de energia em uma só.	Aluno 2:	Regular a energia elétrica em sistemas.
Aluno 3:	Juntar fontes de energia.	Aluno 7:	Dividir a carga elétrica em pequenas proporções.
Aluno 5:	Flexibilizar o fluxo de energia elétrica.	Aluno 14:	Dar abertura para a passagem de corrente.
Aluno 6:	Mudar a corrente elétrica.		
Aluno 7:	Liberar energia.		

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.11: Grupo 3: Respostas da sexta questão do pré-teste.

Consumo de energia e transformação de energia	
Aluno 4:	Registrar nosso consumo de energia elétrica e água.
Aluno 13:	Resistir ao calor e transformá-lo em energia.

Quadro 6.12: Grupo 4: Respostas da sexta questão do pré-teste.

Não responderam

Aluno 8:	Não respondeu.	Aluno 11:	Não respondeu.
Aluno 9:	Não respondeu.	Aluno 12:	Não respondeu.
Aluno 10:	Não respondeu.		

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O pré-teste aplicado permitiu identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre circuitos elétricos simples, especialmente no que se refere aos resistores. As dificuldades observadas neste trabalho também foram encontradas em estudos anteriores. Engelhardt e Beichner (2004) destacaram que muitos estudantes apresentam dificuldades para entender conceitos fundamentais, como corrente elétrica, resistência elétrica e a Lei de Ohm, e para aplicar esses conceitos a problemas práticos de circuitos. Além disso, os alunos frequentemente possuem concepções alternativas ou incorretas, como a ideia de que a corrente é “consumida” ao longo do circuito, o que contrasta com a lei de conservação das cargas. Outra dificuldade apontada por esses autores é a compreensão da diferença de potencial (tensão) e sua relação com a corrente em circuitos simples e complexos, muitas vezes resultando em confusão sobre o papel da resistência e da tensão.

Dorneles, Araujo e Veit (2006) também abordam as dificuldades dos alunos com conceitos básicos de circuitos elétricos, com ênfase em circuitos resistivos de corrente contínua. O estudo aponta que concepções alternativas, como a ideia equivocada de que a corrente é “consumida” pelos componentes do circuito, dificultam a compreensão do funcionamento dos circuitos. Essa confusão entre os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica contribui para a interpretação incorreta do comportamento dos circuitos.

As dificuldades mencionadas por Engelhardt e Beichner (2004) e por Dorneles, Araujo e Veit (2006) são consistentes com as respostas dos estudantes no pré-teste. Na primeira pergunta (O que são resistores?), alguns alunos indicaram que compreendem a função dos resistores como dispositivos de controle de corrente, enquanto outros confundiram esses componentes com fontes de energia. A segunda questão (Cite aplicações de resistores no cotidiano) mostrou que os alunos reconhecem aplicações práticas de resistores, como lâmpadas e dispositivos de aquecimento (ferro de passar, forno elétrico), mas também incluíram itens que não têm relação direta com resistores, como tomadas.

Na terceira questão (Qual a unidade de medida dos resistores?), as respostas foram diversificadas, abrangendo volts, ampere, ohms e watts, refletindo uma falta de clareza sobre a unidade correta, que é o ohm. Nas perguntas de desenho (4 e 5) de circuitos em série e paralelo, observou-se que alguns desenhos se aproximaram do padrão correto, enquanto outros divergiram do resultado esperado. Já na sexta pergunta (Qual a principal função dos resistores?), as respostas mostraram uma compreensão geral de que resistores têm funções associadas à manipulação e regulação de energia elétrica, embora algumas respostas demonstrassem confusões conceituais, como associar resistores a medidores de consumo de energia.

Com a aplicação do pré-teste, percebeu-se que os dados indicam que os estudantes possuem certo conhecimento prévio sobre resistores, mas apresentam dificuldades conceituais similares às encontradas por Engelhardt e Beichner (2004) e Dorneles, Araujo e Veit (2006). Essas dificuldades refletem a necessidade de abordagens pedagógicas que ajudem a corrigir concepções alternativas e reforcem o entendimento dos princípios fundamentais dos circuitos elétricos.

6.2 ATIVIDADE PRÁTICA

Essa atividade foi repassada para os alunos responderem a partir das observações realizadas com o manuseio da maquete. Como foi uma atividade em grupo feita com a participação de dos alunos divididos em 3 grupos (grupo 1, grupo 2 e grupo 3), as respostas foram muito similares. Vale ressaltar que essa não foi uma atividade de caráter avaliativo. Para a avaliação, serão analisados os dados do pré-teste e pós-teste. Dessa forma, nessa subseção serão discutidas só algumas respostas dos educandos.

O objetivo de realizar essa atividade em grupo foi pelo fato da importância das interações sociais que são importantes para o desenvolvimento das atividades colaborativas que são valorizadas por sua capacidade de desenvolver habilidades sociais e cognitivas, incentivando a troca de ideias e o trabalho em conjunto para alcançar objetivos comuns (Guedes; Rosenthal, 2006). O trabalho do pesquisador se baseia em teorias de aprendizado de autores como Piaget, Vygotsky e Papert reforçam essa abordagem, apontando que a construção do conhecimento é potencializada nas interações sociais, onde os alunos aprendem a argumentar e a se posicionar criticamente. Seu estudo demonstrou que a colaboração ajuda os

alunos a se engajarem ativamente no processo de aprendizagem, sendo um recurso valioso para melhorar o aprendizado e a motivação dos estudantes.

Abaixo, as questões da atividade prática:

- 1- Expresse o comportamento das lâmpadas nos circuitos ser retirada uma lâmpada.
 - a) Em série
 - Grupo 1: “ Quando uma lâmpada é retirada do circuito ou é trocada por uma lâmpada queimada todas as lâmpadas ficam apagadas”.
 - Grupo 2: Se uma lâmpada for retirada do circuito, as outras se apagam. O mesmo acontece se colocar uma lâmpada queimada”.
 - Grupo 3: “Se retirar uma lâmpada, a outra se apaga”.
 - b) Em paralelo
 - Grupo 1: “Se uma lâmpada for retirada do circuito ou for trocada por uma lâmpada queimada, a outra permanecerá ligada”.
 - Grupo 2: “Quando uma lâmpada é retirada, a outra permanece ligada. O mesmo acontece se colocar uma lâmpada queimada”.
 - Grupo 3: Se retirar uma das lâmpadas a outra fica ligada.
- 2- Em qual das associações (série e paralelo) o brilho das lâmpadas é mais intenso?
 - Grupo 1: “Paralelo”.
 - Grupo 2: “Paralelo”.
 - Grupo 3: “Paralelo”.
- 3- Expresse o comportamento da corrente e da diferença de potencial nas associações em série e paralelo.
 - Grupo 1: “Em série há uma única corrente e a tensão é reduzida. Em paralelo, a corrente é dividida e a tensão é a mesma”.
 - Grupo 2: “Em série uma única corrente e tensão dividida. Em paralelo, duas correntes com uma única tensão”.
 - Grupo 3: “Em paralelo a tensão é a mesma e a corrente se divide. Em série a corrente é a mesma e o potencial se divide”.
- 4- Descreva o comportamento da temperatura das lâmpadas (LED e incandescente) antes de serem ligadas e após alguns minutos depois de serem ligadas.

- Grupo 1: “A lâmpada LED esquentava muito pouco e lâmpada incandescente esquentava bastante por causa do efeito joule”.
- Grupo 2: Ocorre um grande aumento de temperatura nas lâmpadas incandescentes. Já as lâmpadas de LED praticamente não esquentam”.
- Grupo 3: “As lâmpadas de LED e incandescente, antes de serem ligadas, tem a temperatura fria, porém, quando ligadas, as LED continuam no mesmo estado, já as incandescentes, grande parte da energia elétrica é transformada em calor, aquecendo muito”.

6.3 PÓS-TESTE

A penúltima etapa do desenvolvimento da pesquisa trouxe respostas mais consistentes em relação aos conceitos de eletrodinâmica. A seguir, as respostas desenvolvidas pelos jovens participantes.

1- O que são resistores?

Respostas para a 1ª pergunta do pós-teste.

Quadro 6.13: Grupo 1: respostas da primeira questão do pós-teste.

Componentes eletrônicos com função de regular ou limitar a corrente elétrica

- Aluno 2: São dispositivos que limitam a corrente elétrica.
- Aluno 5: São componentes eletrônicos que têm a função de limitar o fluxo de corrente elétrica e
- Aluno 6: Resistores são dispositivos usados para controlar a passagem de corrente elétrica em ci
- Aluno 10: Resistores são dispositivos usados para controlar a passagem de corrente elétrica em ci
- Aluno 11: São dispositivos eletrônicos que regulam a passagem de corrente elétrica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.14: Grupo 2: respostas da primeira questão do pós-teste.

Componentes utilizados em eletrônica

- Aluno 1: São pequenos componentes eletrônicos que possuem faixas coloridas.
- Aluno 4: São dispositivos utilizados em eletrônica.
- Aluno 7: Os resistores são componentes que compõem os circuitos elétricos.
- Aluno 8: São pequenos componentes utilizados em placas.
- Aluno 9: São componentes eletrônicos.
- Aluno 12: São pequenas peças usadas em eletrônicos.
- Aluno 15: São pequenas peças presentes em eletrônicos que possuem faixas coloridas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6.15: Grupo 3: respostas da primeira questão do pós-teste.

Função de transformar ou consumir energia em calor

- Aluno 3: São componentes que têm a função de transformar energia em calor.
 Aluno 13: Dispositivos eletrônicos que regulam a corrente elétrica, convertendo-a em calor.
 Aluno 14: São dispositivos que têm função de aquecimento.
 Aluno 16: São dispositivos que consomem eletricidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

2- Cite aplicações de resistores em seu cotidiano.

Quadro 6.16: Respostas da segunda questão do pós-teste.

Eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos em geral.

- Aluno 1: São utilizados em aparelhos eletrodomésticos.
 Aluno 2: Controle remoto, lâmpadas, celular e computador.
 Aluno 3: Lâmpadas, secador de cabelo, controle remoto, TVs e celular.
 Aluno 4: TVs, forno elétrico, celular e lâmpadas.
 Aluno 5: Nas lâmpadas.
 Aluno 6: São encontrados em aparelhos eletrônicos.
 Aluno 7: São encontrados em eletrodomésticos que aquecem muito.
 Aluno 8: São utilizados em TVs e celulares.
 Aluno 9: Lâmpadas e forno elétrico.
 Aluno 10: Secador de cabelo e air fryer.
 Aluno 11: São utilizados em placas de eletrônicos.
 Aluno 12: TVs e celulares.
 Aluno 13: Sanduicheira e forno elétrico.
 Aluno 14: TVs e controle remoto.
 Aluno 15: Lâmpadas e forno elétrico.
 Aluno 16: Secador de cabelo e chapinha.

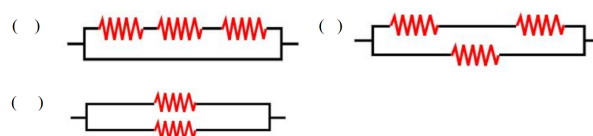
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3- Qual a unidade de medida de resistores?

Todos os alunos responderam Ohm.

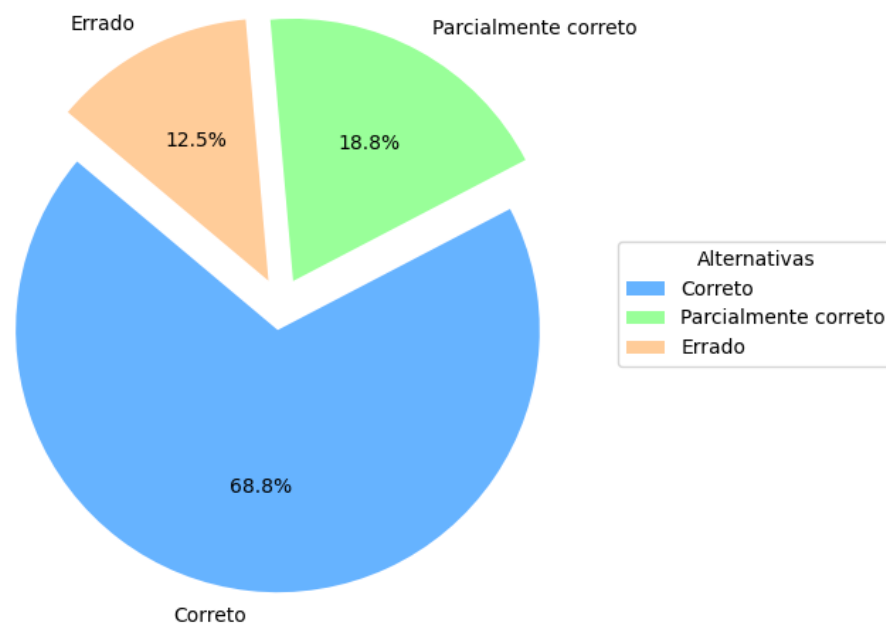
4- Classifique o circuito em série (S), paralelo (P) e misto (M).

Figura 22 – Associação de resistores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 23 – Respostas da quarta questão.

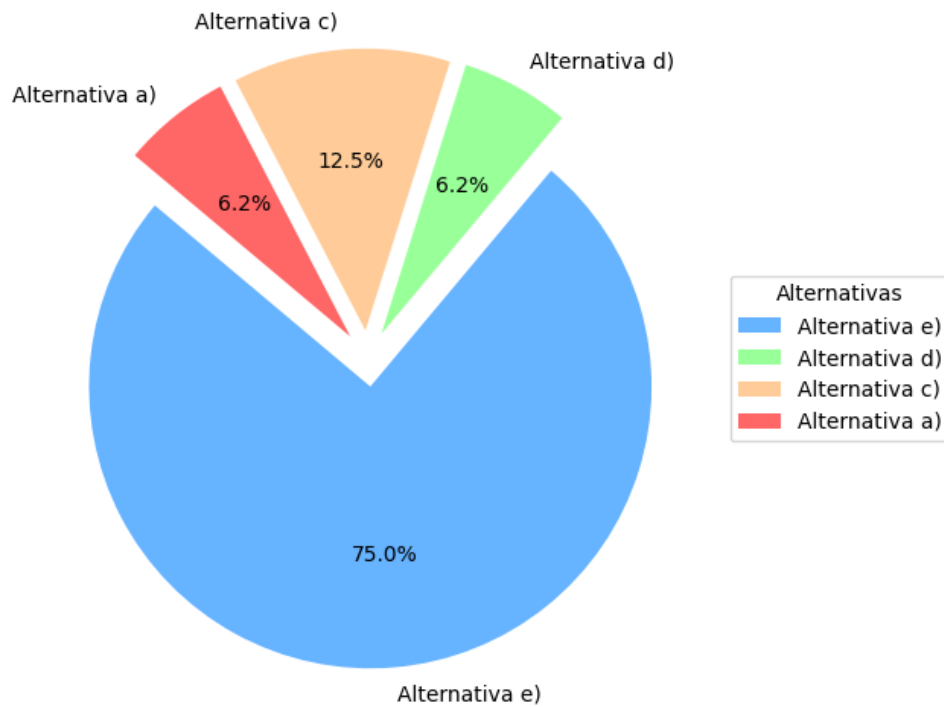


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5. Qual a principal função dos resistores?

- a) Controlar a velocidade dos motores elétricos.
- b) Regular a intensidade da luz em lâmpadas incandescentes.
- c) Amplificar o sinal de áudio em sistemas de alto-falantes.
- d) Armazenar energia em dispositivos eletrônicos.
- e) Limitar o fluxo de corrente elétrica em um circuito e converter energia elétrica em calor por meio do efeito Joule.

Figura 24 – Respostas da quinta questão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

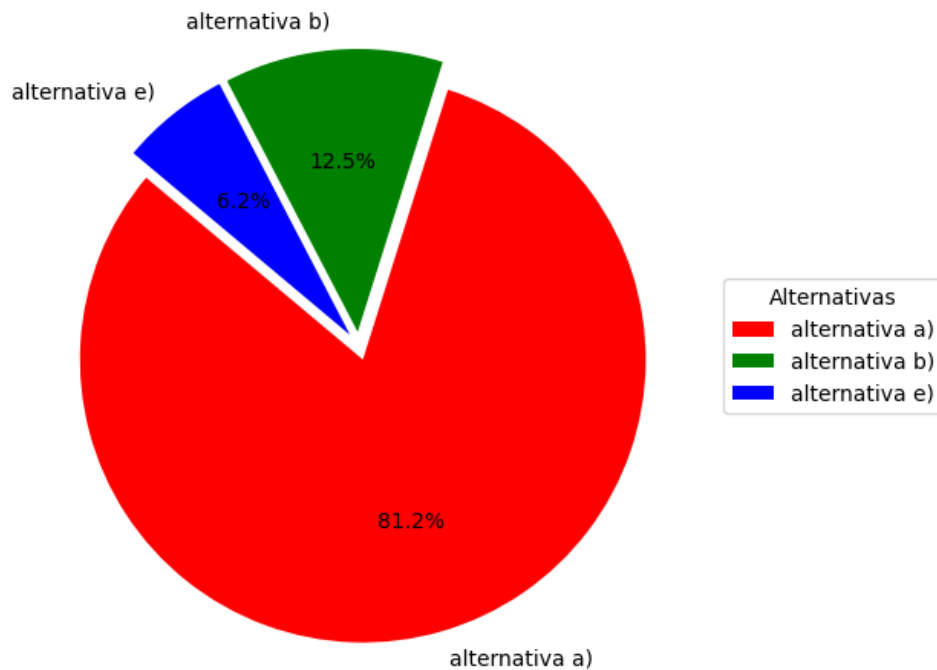
Para essa questão fizemos o levantamento do gráfico mostrado na figura 24, onde 68,8% responderam todas as alternativas corretamente, 18,8% responderam parcialmente correto e 12,5% responderam de forma errada.

6- Qual é o comportamento da corrente elétrica nas associações em série e paralelo?

- a) Nas associações em série, a corrente elétrica é a mesma em todos os resistores, enquanto nas associações em paralelo, a corrente total se divide entre os resistores.
- b) Nas associações em série, a corrente elétrica é inversamente proporcional à resistência de cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a corrente total é diretamente proporcional à resistência de cada resistor.
- c) Nas associações em série, a corrente elétrica é diretamente proporcional à resistência de cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a corrente total é inversamente proporcional à resistência de cada resistor.
- d) Nas associações em série, a corrente elétrica é maior no resistor com a menor resistência, enquanto nas associações em paralelo, a corrente total é maior no resistor com a maior resistência.

- e) Nas associações em série, a corrente elétrica varia de acordo com a tensão aplicada em cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a corrente total varia de acordo com a resistência total do circuito.

Figura 25 – Respostas da sexta questão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

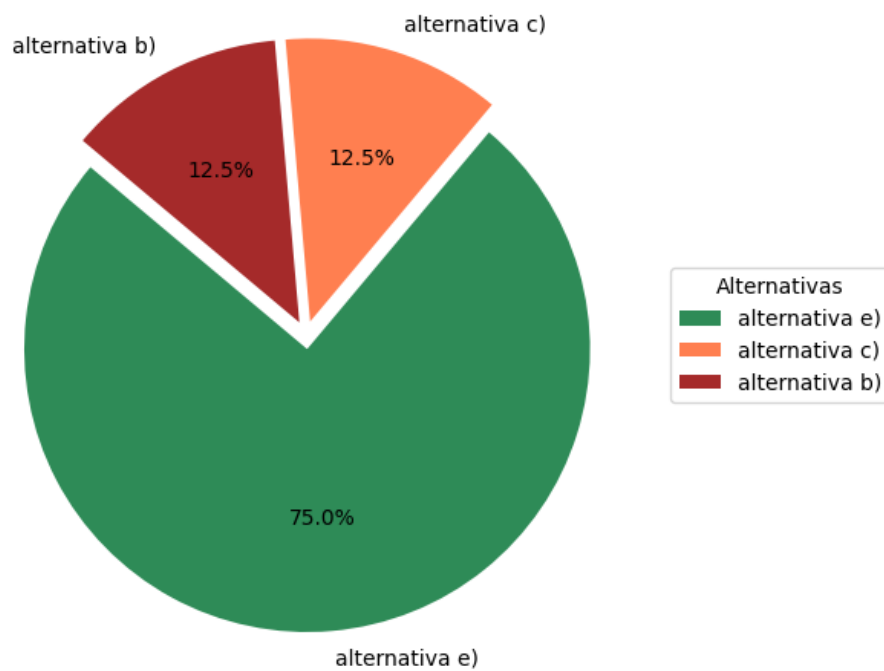
O levantamento dessa questão, ilustrado na figura 25 mostra que 75% dos participantes responderam o questão de forma correta. 25% dos estudantes responderam errado a questão.

7- Qual é o comportamento da tensão elétrica nas associações em série e paralelo?

- a) Nas associações em série, a tensão elétrica varia de acordo com a corrente elétrica em cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a tensão total varia de acordo com a resistência total do circuito.
- b) Nas associações em série, a tensão elétrica é inversamente proporcional à resistência de cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a tensão total é diretamente proporcional à resistência de cada resistor.
- c) Nas associações em série, a tensão elétrica é diretamente proporcional à resistência de cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a tensão total é inversamente proporcional à resistência de cada resistor.

- d) Nas associações em série, a tensão elétrica é maior no resistor com a menor resistência, enquanto nas associações em paralelo, a tensão total é maior no resistor com a maior resistência.
- e) Nas associações em série, a tensão elétrica total se divide entre os resistores, enquanto nas associações em paralelo, a tensão total é a mesma em todos os resistores.

Figura 26 – Respostas da sétima questão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os dados referentes a sétima pergunta do pós-teste estão representados na 26. O gráfico indica que 81,2% responderam corretamente a pergunta enquanto 19,8% responderam de forma incorreta.

6.4 PESQUISA DE SATISFAÇÃO

Com o intuito de obter a opinião dos alunos sobre a eficácia e a qualidade das atividades propostas foi aplicado uma pesquisa de satisfação. A partir das respostas obtidas com a pesquisa, foi possível coletar dados relacionados a opinião dos alunos sobre o respectivo trabalho.

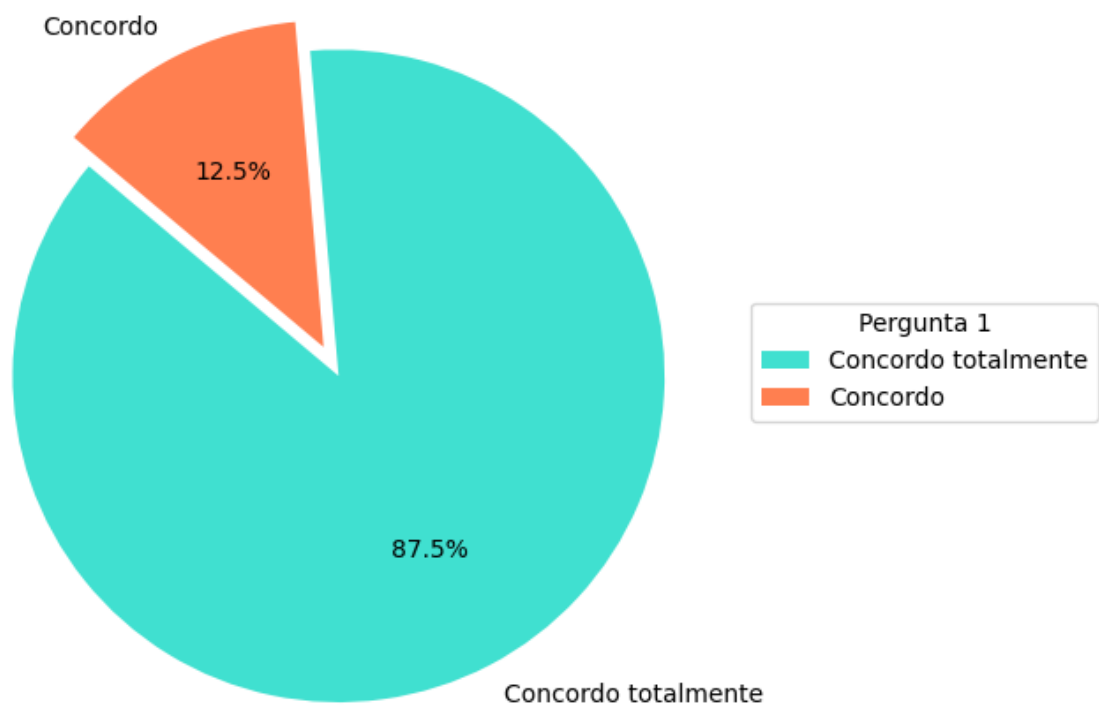
Nessa etapa, assim como em todas as outras, a participação dos alunos foi voluntária. Ao todo, 16 alunos responderam ao questionário. O baixo número de respostas se deve

ao fato dos alunos serem oriundos da zona rural e poucos possuem acesso à internet diariamente.

A partir de agora vamos observar esses resultados.

1. Você concorda que: “Atividades experimentais enriquecem a compreensão teórica dos conceitos abordados em sala de aula”?

Figura 27 – Primeira pergunta da pesquisa.

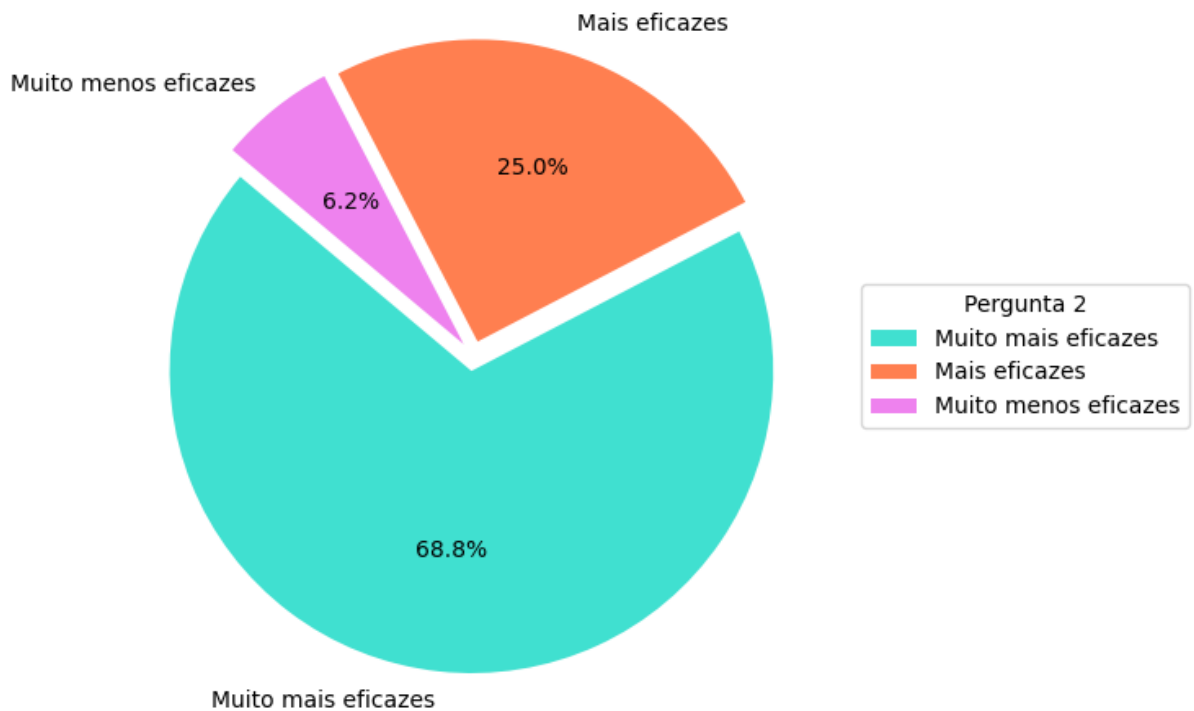


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na pergunta 1, 87,5% responderam que concordam totalmente que “Atividades experimentais enriquecem a compreensão dos conceitos abordados em sala de aula?”, 12,5% responderam que concordam, as demais opções correspondem a 0%.

- 2- Em sua opinião, quão eficazes são as atividades experimentais para consolidar o aprendizado prático em comparação com métodos de ensino mais tradicionais?

Figura 28 – Segunda pergunta do questionário

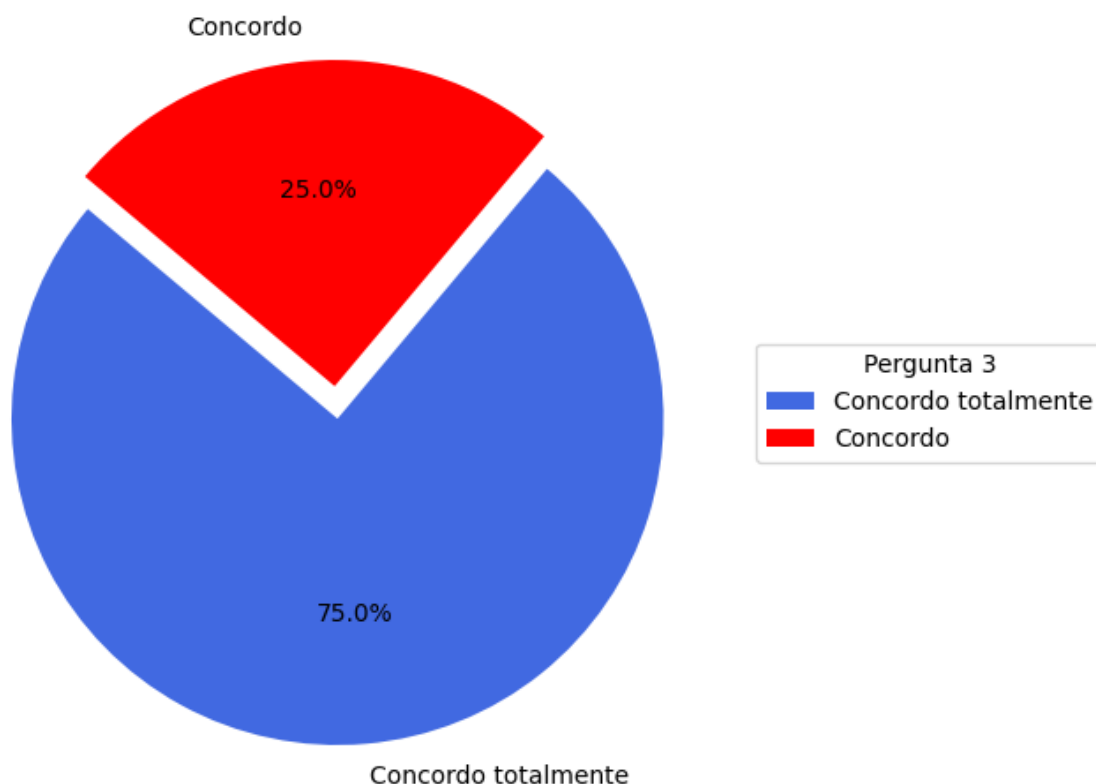


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na pergunta 2, “Em sua opinião, quão eficazes são as atividades experimentais para consolidar o aprendizado prático em comparação com métodos de ensino mais tradicionais?”, 68,8% responderam “Muito mais eficazes”, seguido de 25% que responderam “Mais eficazes”, 18,7% responderam “Muito menos eficazes” e as demais opções correspondem a 0%.

- 3- Você acredita que as atividades experimentais são importantes para o desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos?

Figura 29 – terceira pergunta do questionário



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Já pergunta 3, “Você acredita que as atividades experimentais são importantes para o desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos?”, 75% dos entrevistados responderam “Concordo totalmente”, seguido de 25% que responderam “Concordo”, as demais opções totalizaram 0%.

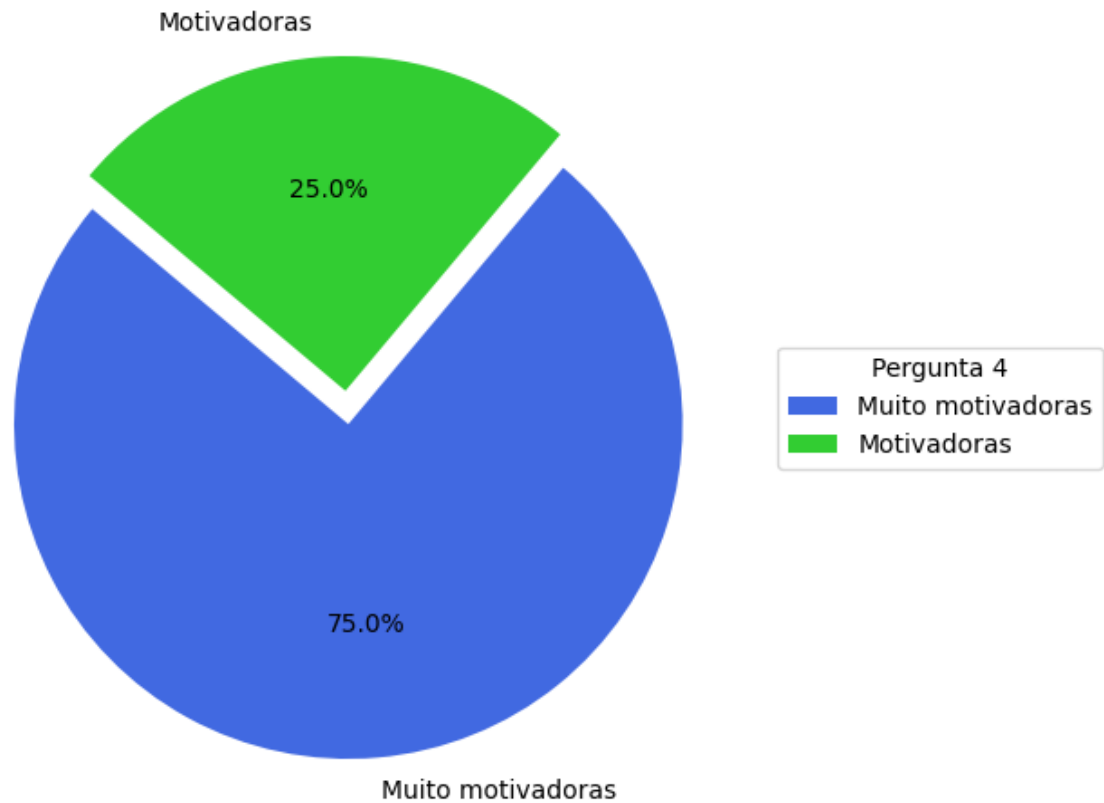
4- Em sua experiência, quão motivadoras são as atividades experimentais para os estudantes?

Para a pergunta 4, “Em sua experiência, quão motivadoras são as atividades experimentais para os estudantes?”, os resultados obtidos foram: 75% do público respondeu “Muito motivadoras” e 25% responderam “Motivadoras”, as demais opções somam 0%.

5- Considerando a logística envolvida (maquete com lâmpadas), o tempo e os recursos necessários, em que medida você concorda que as atividades experimentais são viáveis de serem implementadas de maneira eficiente em um ambiente educacional?

Na pergunta 5, “Considerando a logística envolvida (maquete com lâmpadas), o tempo e os recursos necessários, em que medida você concorda que as atividades

Figura 30 – Sobre a viabilidade em sala de aula.

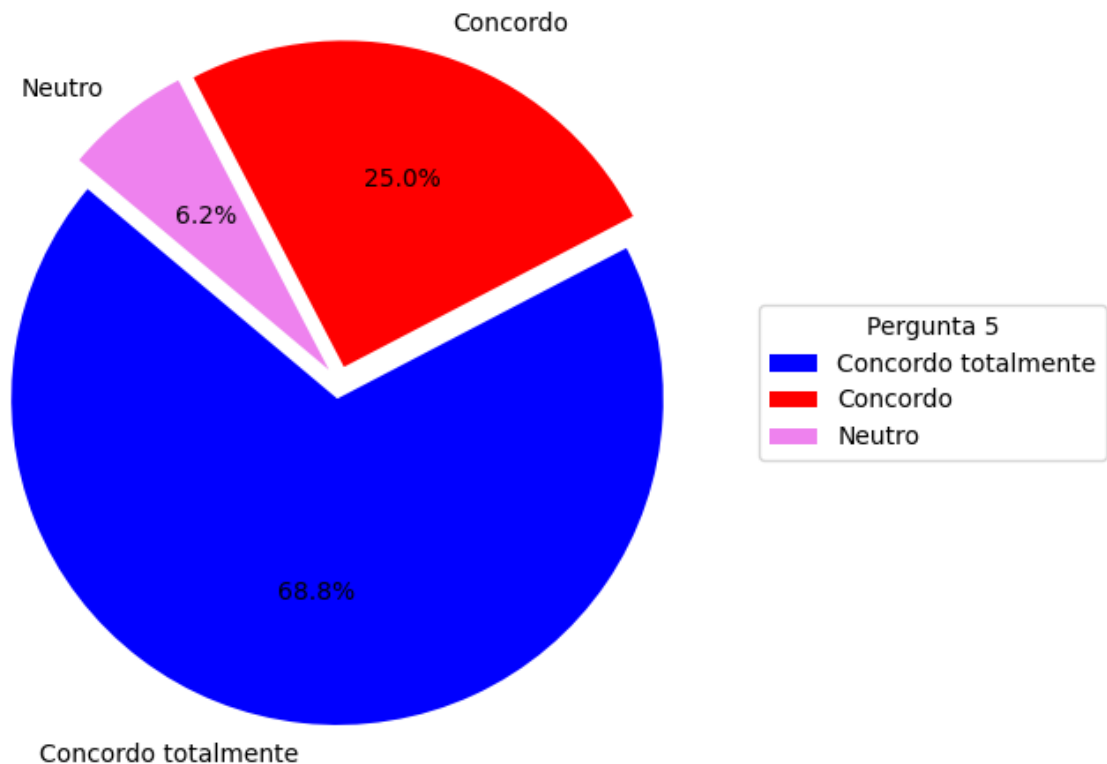


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

experimentais são viáveis de serem implementadas de maneira eficiente em um ambiente educacional?”, 68,8% escolheram a opção “Concordo totalmente”, 25% marcaram a opção “Totalmente” e 18,7% escolheram a opção “Neutro” e as demais opções correspondem a 0%.

Os resultados da pesquisa indicam que as atividades experimentais, especificamente o uso de maquetes para o ensino de associação de resistores, são eficazes e apreciadas pelos alunos. Elas não apenas facilitam a compreensão e o desenvolvimento de habilidades práticas, mas também aumentam a motivação estudantil e são consideradas uma abordagem eficiente, apesar dos desafios logísticos. Portanto, incorporar mais atividades práticas no currículo e nas aulas de Física pode trazer benefícios significativos para o ensino, promovendo a participação dos alunos nas atividades e aguçando a curiosidade deles, fazendo com que a aprendizagem se torne dinâmica e prazerosa.

Figura 31 – Quinta pergunta do questionário.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

6.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS QUESTIONÁRIOS

Com a aplicação do pré-teste e do pós-teste tornou-se possível fazer uma análise da aplicação do projeto desenvolvido no ambiente escolar. O pré-teste foi elaborado com perguntas abertas e simples, com a ideia de obter o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema da pesquisa. Já o pós-teste possui similaridade com as questões do pré-teste, mas com questões mais complexas.

Nota-se a partir do pré-teste, que os alunos já tinham um conhecimento prévio muito vago sobre resistores. Nas questões 1 e 2, as respostas dos estudantes foram muito similares, associando resistores com objetos que utilizam energia elétrica e até mesmo com aparelhos eletrônicos o que, de fato, esses dispositivos possuem, em sua composição, resistores ou uma resistência interna. Na questão 3 onde perguntava sobre a unidade de medida de resistores, muitas respostas divergiram da unidade de medida esperada. Nas questões 4 e 5 sobre os desenhos de circuitos em série e paralelo alguns desenhos foram consistentes, outros destoavam do correto e houve também trocas de circuitos, ou seja,

no lugar de paralelo, desenharam um circuito em série. A questão 6 do pré-teste mostrou que muitos não lembravam a função dos resistores, pois as respostas foram distantes do esperado, confirmando que tiveram uma aprendizagem mecânica nos meses anteriores.

Com a aplicação do pós-teste, percebeu-se que os educandos obtiveram um certo amadurecimento. Após a interação com a maquete, as respostas tornaram-se mais consistentes e detalhadas, quando comparadas com o pré-teste.

A questão 1 do pós-teste foi a mesma do pré-teste, nessa pergunta as respostas passaram por mudanças e se aproximaram mais do conceito de resistores. Já na questão 2, os alunos sobre a aplicação de resistores no cotidiano, a maioria dos participantes associaram resistores com aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos. Na questão 3 do pós-teste, todos os alunos responderam corretamente a pergunta. A questão 4 do pós-teste pode ser comparada com as questões 4 e 5 do pré-teste, nessa questão, 68.8% dos estudantes classificaram corretamente as associações de resistores. As questões 5, 6 e 7 do pós-teste exigem que o aluno domine conceitos de Física sobre a temática de associação de resistores. Nesse contexto, a questão 5 obteve 75% de acertos, a questão 6 obteve como respostas corretas 81,2% e a questão 7 ficou com 75% de respostas corretas.

Diante deste cenário, pode-se comparar o pré-teste e o pós-teste. Percebe-se que a utilização da maquete como ferramenta didática foi eficaz no processo de ensino-aprendizagem. Antes da intervenção, as respostas dos alunos eram muitas vezes superficiais e desconexas com os conceitos de eletrodinâmica. No entanto, após a experimentação com a maquete, houve uma clara evolução na forma como os alunos compreendiam e aplicavam os conceitos de resistores, tanto no contexto teórico quanto em sua aplicação prática.

Essa melhoria pode ser atribuída ao fato de poder interagir com a maquete, o que permitiu aos alunos visualizar e manipular os conceitos abstratos que haviam sido apresentados de maneira teórica. Ao verem na prática como os resistores se aplicam no cotidiano, os estudantes conseguiram conectar os conceitos da Física com suas experiências de vida.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dessa atividade na educação básica foi um momento de grande aprendizado e reflexão, no qual os conceitos e teorias abordados no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) foram colocados em prática, permitindo investigar e implementar ferramentas para amenizar um dos problemas centrais do ensino de Física: a dificuldade de compreensão dos estudantes de conceitos abstratos. Este trabalho partiu do objetivo de aproximar os conceitos de eletrodinâmica da realidade de vida dos alunos, com foco na associação de resistores, utilizando metodologias ativas que colocaram os estudantes no centro do processo educativo.

As escolas públicas, especialmente aquelas localizadas em regiões de maior vulnerabilidade, enfrentam inúmeros desafios, como a falta de infraestrutura adequada e metodologias que cativem os alunos a estudar Física. Essa realidade, muitas vezes, contribui para uma aversão à disciplina, reforçada pela abordagem tradicional de ensino, onde o professor assume o papel central e os estudantes são relegados a uma postura passiva, conforme criticado por (Freire, 1981) em sua metáfora da educação bancária.

A introdução de práticas experimentais no ensino, especialmente com o uso da maquete de associação de resistores, proporcionou resultados positivos. A maquete, desenvolvida com materiais simples, permitiu aos estudantes vivenciarem de forma dinâmica conceitos que anteriormente eram apresentados apenas de forma teórica. Esse recurso não apenas facilitou a compreensão dos conteúdos, como também incentivou os alunos a interagirem nas aulas de Física.

Os dados coletados, por meio do pré-teste e pós-teste, evidenciaram evolução no desempenho dos estudantes, reforçando as hipóteses iniciais do trabalho: práticas experimentais e metodologias ativas influenciam no aprendizado e no engajamento dos alunos. A pesquisa de satisfação também confirmou a eficácia do projeto, destacando a curiosidade despertada e o aumento da participação nas aulas.

Este trabalho não apenas contribuiu para a formação e participação dos alunos, mas também fomentou uma postura investigativa e crítica, aproximando-os da realidade científica.

A experiência relatada nessa dissertação abre caminho para novas abordagens no ensino de Física em escolas públicas. Recomenda-se a ampliação do uso de maquetes e

outras metodologias ativas para diferentes tópicos de Física, como mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo, em turmas de diversos níveis de ensino. Com os resultados obtidos, o autor planeja dar continuidade ao trabalho desenvolvido, visando compartilhar as experiências vivenciadas com a aplicação do projeto educacional em revistas e encontros específicos da área.

Por fim, este trabalho reforça o valor da utilização de maquetes, evidenciando que práticas pedagógicas inovadoras são capazes de transformar a relação dos alunos com a Física. A aplicação de metodologias ativas, aliada ao uso de recursos acessíveis, não só melhora a aprendizagem, mas também promove uma educação mais inclusiva e conectada à realidade dos estudantes. Esses resultados reforçam a importância de continuar investindo em projetos que tragam a ciência para mais perto da vida dos educandos.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, J. B. J. A evolução do ensino de física no brasil. *Faculdade de Educação*, 1980.
- ALMEIDA, M. S. et al. Construção de uma maquete do sistema solar com controle de temperatura para alunos com deficiência visual. *SciELO Brasil*, v. 42, p. e20190098, 2019.
- ALVES, G. L. *O trabalho didático na escola moderna: formas históricas*. Campinas: Autores Associados, 2005.
- BEZERRA, D. et al. A evolução do ensino da física—perspectiva docente. *Scientia Plena*, v. 5, n. 9, 2009.
- BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 15, n. 1, p. 7–31, 1998.
- BRASIL. *CONSTITUIÇÃO DE 1891 - Publicação Original*. 1891.
<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1824-1899/constituicao-35081-24-fevereiro-1891-532699-publicacaooriginal-15017-pl.html>. Acesso em: 2 fev. 2024.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. 1988. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 4 fev. 2024.
- BRASIL. *Ministério de Educação e Cultura. LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996*. 1996. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 18 out. 2024.
- BRASIL. *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Infantil*. 2012.
http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/diretrizescurriculares_2012.pdf. Acesso em: 4 fev. 2024.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. 2018. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- CHAGAS, V. *Educação brasileira: o ensino de 1. e 2. graus: antes, agora e depois?* João Pessoa: Saraiva, 1980.
- COMTE, A. *Discurso sobre o espírito positivo*. Valinhos: Montecristo Editora Ltda., 2006.
- DIOGO, R.; GOBARA, S. Educação e ensino de ciências naturais—física no brasil: Do brasil colônia à era vargas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 89, n. 222, 2008.
- DOMINGOS, M. A trajetória do cnpq. *Revista Acervo*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 19–40, jul.-dez. 2004.
- DORNELES, P. F.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte i-circuitos elétricos simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, p. 487–496, 2006.
- ENGELHARDT, P. V.; BEICHNER, R. J. Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American journal of physics*, v. 72, n. 1, p. 98–115, 2004.
- FARIAS, A. J. O. A psicologia educacional da aprendizagem significativa aplicada a programação escolar. *Revista Psicologia & Saberes*, v. 7, n. 8, p. 20–40, 2018.

FARIAS, R. B. d.; JESUS, V. de; OLIVEIRA, A. de. Uma maquete da estrutura em treliças simples triangulares para o ensino de estática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, p. e20200133, 2020.

FAVERO, O. *A educação nas constituintes brasileiras: 1823-1988*. Campinas: Autores Associados (Editora Autores Associados LTDA), 1996.

FILHO, J. B. L. et al. Construção de uma maquete de sistema planetário como atividade auxiliar ao ensino de astronomia nos cursos de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, p. e3504, 2017.

FRANCO, D. L. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio. *Revista triângulo*, v. 11, n. 1, p. 151–162, 2018.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra Rio de Janeiro, 1981.

GUEDES, C. L.; ROSENTHAL, H. Desenvolvendo atividades colaborativas na escola. *Comunicação & Educação*, v. 11, n. 3, p. 423–430, 2006.

HALLIDAY, D.; Resnick, R.; Walker, J. *Fundamentos de física, volume 1: mecânica*. Rio de Janeiro, LTC, 2008.

JÚNIOR, J. F. C. et al. Um olhar pedagógico sobre a aprendizagem significativa de david ausubel. *Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, v. 5, p. 51–68, 2023.

LEITE, S. Q. M. Práticas experimentais investigativas em ensino de ciências: caderno de experimentos de física, química e biologia-espços de educação não formal–reflexões sobre o ensino de ciências. *Ciência e Tecnologia do Espírito Santo*, 2012.

LOPES, D. de O.; OLIVEIRA, Í. M. de. Órgãos de fomento da pós-graduação brasileira: A história do cnpq e da capes. 2018.

LUCIAN, R.; DORNELAS, J. S. Mensuração de atitude: proposição de um protocolo de elaboração de escalas. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 19, p. 157–177, 2015.

MELO, J. M. S. d. História da educação no brasil. *Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará*, Fortaleza, 2012.

MENDONÇA, A. d. S. Desenvolvimento e aplicação de uma maquete sobre as leis de kepler para inclusão de alunos com deficiência visual no ensino de física. *Universidade Estadual Paulista (Unesp)*, Presidente Prudente, 2015.

MOREIRA, I. d. C. Feynman e suas conferências sobre o ensino de física no brasil. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 40, p. e4203, 2018.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999. v. 2.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do professor de física*, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em ciências: Condições de ocorrência vão muito além de pré-requisitos e motivação. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 11, n. 2, p. 25–35, 2021.

- MOREIRA, M. A.; STUDART, N.; VIANNA, D. M. O mestrado nacional profissional em ensino de física (mnpef): uma experiência em larga escala no brasil. *Latin-American Journal of Physics Education*, Instituto Politécnico Nacional, v. 10, n. 4, p. 26, 2016.
- MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Sobre a base nacional comum curricular (bncc) e o ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, p. 327–332, 2016.
- MUNHOZ, K. G.; BUENO, B. S. Uso de maquetes no ensino de física. *Revista Eventos Pedagógicos*, n. 2, p. 301–310, 2015.
- NISKIER, A. Ldb: a nova lei da educação: tudo sobre a lei de diretrizes e bases da educação nacional. In: *LDB: a nova lei da educação: tudo sobre a lei de diretrizes e bases da educação nacional*. Rio de Janeiro: [s.n.], 1996. p. 305–305.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica: Eletromagnetismo (vol. 3)*. São Paulo: Editora Blucher, 2015. v. 3.
- OLIVEIRA, I. N. et al. Construção de uma maquete experimental automatizada para a determinação da constante de planck com o auxílio da plataforma arduino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 828–848, 2020.
- OLIVEIRA, I. N. d. et al. Construção de uma maquete experimental automatizada para o estudo da polarização da luz e comprovação experimental da lei de malus com o auxílio da plataforma arduino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, p. e20200247, 2020.
- QUEIROZ, M. N. A.; HOSOUME, Y. As disciplinas científicas do ensino básico na legislação educacional brasileira nos anos de 1960 e 1970. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, SciELO Brasil, v. 20, p. e9723, 2019.
- RENNER, G. L. P. Construção de uma maquete tridimensional fosforescente da constelação de órion: uma proposta didática para o ensino de astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 25, p. 39–49, 2018.
- SALINAS, S. R. Notas para uma história da sociedade brasileira de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, p. 351–355, 2001.
- SILVA, R. A. d.; FERREIRA, H. S.; LIMA, J. R. T. Maquete do acelerador de partículas sirius: uma abordagem investigativa para explorar a geração da luz síncrotron. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 46, p. e20240099, 2024.
- SILVA, R. da; CALDAS, R. L.; GARCIA, V. N. Maquete didática funcional como recurso para aprendizagem significativa crítica sobre eletromagnetismo. In: *Congresso Fluminense de Pós-Graduação-CONPG*. [S.l.: s.n.], 2020.
- SOUZA, R. O. V. de; FACUNDO, R. de S.; CRUZ, F. A. de O. Abordagem do campo elétrico com o uso de maquetes táteis visuais. *Impacto: Pesquisa em Ensino de Ciências*, n. 2, p. e72294–e72294, 2023.
- TEIXEIRA, M. B. et al. Mock-up as a teaching resource for teaching wind energy. *Revista Ciência e Natura*, v. 45, 2023.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros. Vol. 2: eletricidade e magnetismo, óptica, vol. 2*. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2014.

VIEIRA, C. L.; VIDEIRA, A. A. P. História e historiografia da física no brasil. *Fênix-Revista de História e Estudos Culturais*, v. 4, n. 3, p. 1–27, 2007.

WATHAGHIN, G. *Notas da história da Física no Brasil*. 2000.
<https://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/historia.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2024.

ZEMANSKY, S.; III, Y. E. F. Física iii eletromagnetismo, ed. 14. *Pearson Education do Brasil*, São Paulo, 2015.

Apêndice A – DECLARAÇÃO DA INSTITUIÇÃO



UNIDADE ESCOLAR CASSIANA ROCHA
"Educação se faz compromisso"
Av. Tomaz Rebelo, 1030/Centro.
INEP: 22010556 CNPJ: 01828212/0001-24
E-mail: Cassiana.3gre@gmail.com

SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO - SEDUC



GOVERNO DO
PIAUI
AQUI TEM TRABALHO.
AQUI TEM FUTURO.

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos (o) a pesquisador (a) (Erivelton Vieira da Silva), a desenvolver o seu projeto de pesquisa (**O uso de maquetes para o ensino de associação de resistores**), que está sob a coordenação/orientação do Prof. (Olimpio Pereira de Sá Neto) e Prof. (Wilton Lopes de Carvalho) cujo objetivo é (**Investigar o impacto da utilização de maquetes no ensino de eletrodinâmica, e seus benefícios para a educação.**), na (Unidade Escolar Cassiana Rocha).

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do (a) pesquisador (a) aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados o/a pesquisador/a deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Piripiri-PI, em 01 / 09 / 2023.

Maria dos Remédios Gomes de Sousa
Nome/assinatura e **carimbo** do responsável onde a pesquisa será realizada

Maria dos Remédios Gomes de Sousa
Diretora Titular
Aut. Portaria GSE Nº 2842/2017
CPF: 341.773.453-34
Mat. 112617-2

Av. Pedro Freitas, S/N
Centro Administrativo • Bloco D/F
São Pedro • CEP 64018-900
Teresina • Piauí • Brasil

www.seduc.pi.gov.br

Apêndice B – DECLARAÇÃO DO PESQUISADOR

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Ao Comitê de Ética em Pesquisa - CEP

Universidade Estadual do Piauí

Eu, **Erivelton Vieira da Silva**, pesquisador responsável pela pesquisa intitulada
“**O uso de maquete para o ensino de associação de resistores**” , declaro que:

- Assumo o compromisso de cumprir os Termos da Resolução nº 466/12 , de 12 de Dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde e demais resoluções complementares à mesma (240/97, 251/97, 292/99, 340/2004 e 510/16);
- Assumo o compromisso de zelar pela privacidade e pelo sigilo das informações, que serão obtidas e utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa;
- Os materiais e as informações obtidas no desenvolvimento deste trabalho serão utilizados apenas para se atingir os objetivos previstos nesta pesquisa e não serão utilizados para outras pesquisas sem o devido consentimento dos participantes;
- Os materiais e os dados obtidos ao final da pesquisa serão arquivados pelo período de 5 anos sob a responsabilidade de Erivelton Vieira da Silva; que também será responsável pelo descarte dos materiais e dados, caso os mesmos não sejam estocados ao final da pesquisa;
- Os resultados da pesquisa serão tornados públicos através de publicações em periódicos científicos e/ou em encontros científicos, quer sejam favoráveis ou não, respeitando-se sempre a privacidade e os direitos individuais dos sujeitos da pesquisa;
- O CEP-UESPI será comunicado da suspensão ou do encerramento da pesquisa por meio de relatório ou na ocasião da suspensão ou do encerramento da pesquisa com a devida justificativa;
- O CEP-UESPI será imediatamente comunicado se ocorrerem efeitos adversos resultantes desta pesquisa com o participante;
- Declaro que esta pesquisa ainda não foi iniciada;
- Apresentarei relatório final desta pesquisa ao CEP-UESPI.

Piripiri, 05 de setembro de 2023

Pesquisador responsável (assinatura, nome e CPF)

Apêndice C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Rua Olavo Bilac , 2335 Centro - Fone: (86)3221-6658 CEP 64001-280 Teresina-PI

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr.(a) _____ para participar como voluntário (a) da pesquisa (O uso de maquetes no ensino de associação de resistores).

Esta pesquisa é da responsabilidade do (a) pesquisador Erivelton Vieira da Silva, residente na R. Sezostre Resende, 107, centro, Piripiri - PI CEP:64 260-000, Telefone:086 99973 1834/e-mail evdasilva@aluno.uespi.br, inclusive para ligações a cobrar. Esta pesquisa está sob a orientação de: Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto Telefone: xxxxxxxx, e-mail (xxxxxxx) e Dr. Wilton de Carvalho Lopes, Telefone: xxxxxx, e-mail:xxxxxxx.

O/a Senhor/a será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida a respeito da participação dele/a na pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e o/a Senhor/a concordar que o (a) menor faça parte do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias.

Uma via deste termo de consentimento lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável. O/a Senhor/a estará livre para decidir que ele/a participe ou não desta pesquisa. Caso não aceite que ele/a participe, não haverá nenhum problema, pois desistir que seu filho/a participe é um direito seu. Caso não concorde, não haverá penalização para ele/a, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Descrição da pesquisa e esclarecimento da participação:

Com o objetivo de aprimorar o ensino de Física na região, vamos utilizar maquetes para estudar como os estudantes aprendem sobre associação de resistores. A ideia é investigar o impacto do uso dessas maquetes no ensino dessa disciplina.

Para realizar essa pesquisa, vamos coletar informações de duas maneiras. Primeiro, antes de introduzir as maquetes nas aulas, faremos um pré-teste para entender o conheci-

mento prévio dos estudantes sobre o tema. Em seguida, após a utilização das maquetes e a intervenção do pesquisador, aplicaremos um pós-teste para avaliar o quanto os estudantes aprenderam sobre associação de resistores.

Essa coleta de dados será feita na Unidade Escolar Cassiana Rocha, de forma presencial e individual. O processo consistirá em duas etapas, o pré-teste e o pós-teste, cada uma com duração de 1 hora, totalizando 2 horas de coleta. Os estudantes que concordarem em participar voluntariamente responderão aos testes que aplicaremos.

Com essas informações, esperamos compreender melhor como o uso de maquetes pode contribuir para a aprendizagem dos alunos em Física. Essa pesquisa nos ajudará a encontrar formas mais eficazes de ensinar esse conteúdo e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do ensino de Física na região.

RISCOS: Esta pesquisa poderá eventualmente causar momentos de timidez aos participantes, especialmente durante as entrevistas ou interações com as maquetes. No entanto, caso ocorram situações de timidez ou desconforto, estamos preparados para abordá-las com sensibilidade e empatia, criando um ambiente acolhedor para os participantes se sentirem à vontade. Asseguramos que serão tomadas medidas para proteger a privacidade e confidencialidade das informações compartilhadas pelos participantes, garantindo que os dados coletados sejam tratados com rigor científico e de forma anônima. Ressaltamos que esses momentos de timidez são considerados riscos mínimos, e faremos o possível para minimizar qualquer desconforto potencial, prezando pelo bem-estar emocional dos participantes. A pesquisa é conduzida com rigor ético e seguindo as diretrizes e regulamentos aplicáveis à pesquisa com seres humanos, visando sempre a segurança e integridade dos envolvidos. Caso os participantes expressem qualquer desejo de interromper sua participação durante o estudo, eles serão encorajados a fazê-lo sem qualquer penalidade ou consequência negativa.

BENEFÍCIOS: Os benefícios incluem aprimoramento da visualização e compreensão de conceitos complexos, estímulo à aprendizagem ativa por meio da construção de maquetes, integração interdisciplinar dos conteúdos, promoção de experiências práticas e concretas, estímulo à criatividade e ao pensamento crítico, desenvolvimento de habilidades de trabalho em equipe e colaboração, além da personalização do aprendizado de acordo com as necessidades individuais dos estudantes.

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pes-

quisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (testes) ficarão armazenados em (nuvem), sob a responsabilidade do pesquisador Erivelton, no endereço acima informado, pelo período mínimo de 5 anos após o término da pesquisa.

O (a) senhor (a) não pagará nada e nem receberá nenhum pagamento para ele/ela participar desta pesquisa, pois deve ser de forma voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação dele/a na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento com transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o(a) senhor(a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UESPI.

Assinatura do pesquisador

Assinatura do(a) participante

Apêndice D – APRECIÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA DA UESPI



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
PIAUÍ - UESPI



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O USO DE MAQUETE PARA O ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.

Pesquisador: Erivelton Vieira da Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 74160423.5.0000.5209

Instituição Proponente: Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.495.473

Apresentação do Projeto:

Tratá-se de uma pesquisa qualitativa com 30 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio na Unidade Escolar Cassiana Rocha, no município de Piri-piri, e no Instituto Federal do Piauí, Campus Pedro II, no município de Pedro II, ambos localizados no estado do Piauí.

Critério de Inclusão: Estudantes do 3º ANO do Ensino Médio, devidamente matriculados na rede pública de ensino.

Critério de Exclusão: Estudantes da Rede Privada de Ensino. Estudantes do Ensino Fundamental. Estudantes do 1º e 2º ANO do Ensino Médio.

A pesquisa utilizará métodos qualitativos, incluindo entrevistas, observações e análise de questionários, para compreender as perspectivas e conhecimentos dos estudantes.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Investigar o impacto da utilização de maquetes no ensino de eletrodinâmica, e seus benefícios para a educação. Desenvolver habilidades práticas de construção de maquetes, aplicando conceitos teóricos em uma representação visual e tangível. Promover a aprendizagem ativa e o engajamento dos alunos, tornando o ensino da associação de resistores mais interessante e acessível.

Objetivo Secundário: Demonstrar, no espaço tri dimensional, associações de resistores em série, paralelo e mista. Observar o efeito Joule gerado pela corrente elétrica ao atravessar o circuito.

Endereço: Rua Olavo Bilac, 2335

Bairro: Centro/Sul

CEP: 64.001-280

UF: PI

Município: TERESINA

Telefone: (86)3221-6658

Fax: (86)3221-4749

E-mail: comitedeeticauespi@uespi.br



Continuação do Parecer: 6.495.473

Realizar medidas elétricas com o auxílio de um multímetro digital. Descrever o comportamento da tensão e corrente elétrica nas associações em série e em paralelo. Definir a ideia de curto-circuito nas associações em série e paralelo. Calcular a potência de uma lâmpada. Observar as diferenças entre lâmpadas de LED e lâmpadas incandescentes.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Esta pesquisa poderá eventualmente causar momentos de timidez aos participantes, especialmente durante as entrevistas ou interações com as maquetes. No entanto, caso ocorram situações de timidez ou desconforto, estamos preparados para abordá-las com sensibilidade e empatia, criando um ambiente acolhedor para os participantes se sentirem à vontade. Asseguramos que serão tomadas medidas para proteger a privacidade e confidencialidade das informações compartilhadas pelos participantes, garantindo que os dados coletados sejam tratados com rigor científico e de forma anônima. Ressaltamos que esses momentos de timidez são considerados riscos mínimos, e faremos o possível para minimizar qualquer desconforto potencial, prezando pelo bem-estar emocional dos participantes. A pesquisa é conduzida com rigor ético e seguindo as diretrizes e regulamentos aplicáveis à pesquisa com seres humanos, visando sempre a segurança e integridade dos envolvidos. Caso os participantes expressem qualquer desejo de interromper sua participação durante o estudo, eles serão encorajados a fazê-lo sem qualquer penalidade ou consequência negativa.

Benefícios:

Os benefícios incluem aprimoramento da visualização e compreensão de conceitos complexos, estímulo à aprendizagem ativa por meio da construção de maquetes, integração interdisciplinar dos conteúdos, promoção de experiências práticas e concretas, estímulo à criatividade e ao pensamento crítico, desenvolvimento de habilidades de trabalho em equipe e colaboração, além da personalização do aprendizado de acordo com as necessidades individuais dos estudantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa viável e de grande alcance social.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

Endereço: Rua Olavo Bilac, 2335

Bairro: Centro/Sul

CEP: 64.001-280

UF: PI

Município: TERESINA

Telefone: (86)3221-6658

Fax: (86)3221-4749

E-mail: comitedeeticauespi@uespi.br



Continuação do Parecer: 6.495.473

- Folha de Rosto preenchida, assinada, carimbada e datada.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) em linguagem clara e objetiva com todos os aspectos metodológicos a serem executados e/ou Termo de Assentimento (para menor de idade ou incapaz);
- Declaração da Instituição e Infra-estrutura em papel timbrado da instituição, carimbada, datada e assinada;
- Projeto de pesquisa na íntegra (word/pdf);
- Instrumento de coleta de dados EM ARQUIVO SEPARADO (questionário/entrevista/formulário/roteiro).

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

De acordo com a análise, conforme a Resolução CNS/MS Nº466/12 e seus complementares, o presente projeto de pesquisa apresenta o parecer APROVADO por apresentar todas as solicitações indicadas na versão anterior.

As alterações realizadas foram:

1. Os pesquisadores apresentaram justificativa sobre a dispensa da Declaração da Instituição e Infra-estrutura em papel timbrado da instituição, carimbada, datada e assinada referente ao IFPI, pois a mudança reside no fato de que o ano letivo está chegando ao seu encerramento, e optamos por executar o projeto unicamente na Unidade Escolar Cassiana Rocha, que é a cidade onde o pesquisador responsável reside. Dessa forma, pedimos dispensa do documento "Declaração de Infraestrutura do IFPI".
2. O cronograma foi atualizado seguindo as normas do CEP.
3. TCLE (DOS PAIS OU RESPONSÁVEIS)
 - 3A) A paginação foi inserida.
 - 3B) O endosso foi retirado.
4. TALE
 - 4A) A paginação foi inserida
 - 4B) O endosso foi retirado
5. TCLE maiores de 18 anos
 - 5A) A paginação foi inserida

Endereço: Rua Olavo Bilac, 2335

Bairro: Centro/Sul

CEP: 64.001-280

UF: PI

Município: TERESINA

Telefone: (86)3221-6658

Fax: (86)3221-4749

E-mail: comitedeeticauespi@uespi.br



Continuação do Parecer: 6.495.473

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2183410.pdf	22/10/2023 14:09:23		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RESPONSABLEIS.pdf	22/10/2023 14:05:26	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MAIORES_18_ANOS.pdf	22/10/2023 14:05:08	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_menores_18_anos.pdf	22/10/2023 14:04:48	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	dispenca_declaracao_infraestrutura.pdf	22/10/2023 14:04:28	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	22/10/2023 14:03:37	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_PESQUISADOR.PDF	13/09/2023 15:43:14	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	13/09/2023 15:36:09	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	13/09/2023 15:28:51	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	05/09/2023 19:53:34	Erivelton Vieira da Silva	Aceito
Outros	instrumento_coletaassinado.pdf	05/09/2023 19:52:02	Erivelton Vieira da Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Olavo Bilac, 2335

Bairro: Centro/Sul

CEP: 64.001-280

UF: PI

Município: TERESINA

Telefone: (86)3221-6658

Fax: (86)3221-4749

E-mail: comitedeeticauespi@uespi.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
PIAUÍ - UESPI



Continuação do Parecer: 6.495.473

TERESINA, 08 de Novembro de 2023

Assinado por:
LUCIANA SARAIVA E SILVA
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Olavo Bilac, 2335

Bairro: Centro/Sul

CEP: 64.001-280

UF: PI

Município: TERESINA

Telefone: (86)3221-6658

Fax: (86)3221-4749

E-mail: comitedeeticauespi@uespi.br

Apêndice E – PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 66

Erivelton Vieira da Silva

Maquete didática de circuitos elétricos

Piripiri

2024

Erivelton Vieira da Silva

Maquete didática de circuitos elétricos

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **MAQUETE DIDÁTICA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 66 – UESPI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Olímpio Pereira de Sá Neto

Coorientador: Prof. Dr. Wilton de Carvalho Lopes

Piripiri

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela bênção de concluir mais uma etapa significativa em minha jornada acadêmica.

Agradeço de coração à minha esposa, Auriana, meu alicerce inabalável, por permanecer ao meu lado e oferecer seu constante apoio em todos os momentos.

Aos meus colegas e amigos do polo 66 do MNPEF, expresso minha gratidão. Cada momento compartilhado foi singular e repleto de descontração, tornando essa experiência ainda mais valiosa.

Agradeço aos meus pais, Maria e Justino, pelo amor incondicional. Seu esforço incansável sempre esteve voltado para proporcionar um futuro melhor a seus filhos.

A todos os professores que foram parte fundamental desta jornada, destacando meu orientador, Professor Olímpio, e meu coorientador, Professor Wilton. Cada momento de aprendizado foi valioso, e por isso, expresso minha sincera gratidão.

Expresso minha gratidão à CAPES pelo apoio ao programa de mestrado e à Universidade Estadual do Piauí, que mais uma vez me acolheu como aluno. Valorizo profundamente o respaldo e a oportunidade de crescer academicamente proporcionados por essas instituições.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Movimento dos portadores de Carga.	10
Figura 2 – Simbologia de resistores	11
Figura 3 – Soquete completo.	20
Figura 4 – Partes do soquete que serão utilizadas.	20
Figura 5 – Base com soquetes e chave instalados.	21
Figura 6 – Ilustração dos circuitos presentes na maquete.	21
Figura 7 – Maquete finalizada.	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	<i>Público Alvo</i>	6
2	OBJETIVOS	7
2.1	<i>Objetivo Geral</i>	7
2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	7
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
4	DEFINIÇÃO PRÉVIA DOS CONTEÚDOS	10
4.1	<i>Efeito Joule</i>	10
4.2	<i>Resistores</i>	11
4.2.1	Associação de Resistores em série	11
4.2.2	Associação de Resistores em paralelo	12
4.3	<i>Potência elétrica</i>	12
5	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	13
6	CONFECÇÃO DA MAQUETE	19
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
	Referências Bibliográficas	24
	Apêndice A – PLANOS DE AULA	25

1 INTRODUÇÃO

Prezado(a) Professor(a) de Física, apresentamos a seguir um valioso recurso educacional que consiste em uma Sequência Didática (SD) integrada à utilização de maquetes para o ensino da associação de resistores. Desenvolvemos este trabalho com o intuito de apoiar os professores de Física na abordagem da eletrodinâmica, tornando suas aulas mais diversificadas e cativantes para os alunos. Importante destacar que este produto é parte integrante das exigências da dissertação do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física (MNPEF), promovido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) em parceria com a Universidade Estadual do Piauí (UESPI).

Acreditamos no poder das maquetes como ferramentas pedagógicas eficazes, capazes de enriquecer o processo de Ensino-Aprendizagem. A utilização de métodos fora do padrão tradicional cativa os alunos, incentivando uma participação mais ativa nas aulas. As maquetes, sendo representações tridimensionais reduzidas, proporcionam à turma uma abordagem prática de conceitos anteriormente abstratos, como no caso da associação de resistores.

A elaboração da sequência didática segue os princípios da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel (1918-2008), considerando os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Partindo do entendimento prévio dos educandos sobre resistores, desenvolvemos uma sequência de conteúdos que busca conectar esse conhecimento inicial a novos conceitos mais abrangentes em eletrodinâmica, especialmente sobre resistores.

Este trabalho oferece orientações detalhadas e instruções para a criação de uma maquete de associação de resistores. Inicialmente, abordamos os conteúdos trabalhados em sala antes da introdução da maquete. Posteriormente, detalhamos minuciosamente todas as etapas para a construção e utilização da maquete, utilizando materiais de fácil acesso e baixo custo.

Esperamos que este material possa ser difundido em diversas instituições de ensino pelo país, contribuindo para aprimorar a qualidade do Ensino de Física. Estamos abertos a críticas e sugestões, e caso haja necessidade de mais informações sobre o trabalho, ficamos à disposição para contato via e-mail, no endereço evsvieira42@gmail.com.

O produto educacional aqui apresentado passou por mudanças para aumentar a segurança e evitar riscos de choques elétricos. Essa versão é diferente da apresentada na dissertação.

1.1 Público Alvo

Professores de Física e alunos do 3º Ano do Ensino Médio.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo Geral*

- Utilizar uma maquete didática para facilitar o processo de ensino-aprendizagem de eletrodinâmica.

2.2 *Objetivos Específicos*

- Demonstrar, experimentalmente, as associações de resistores em série, paralelo e mista.
- Observar o efeito Joule gerado pela corrente elétrica ao atravessar o circuito.
- Realizar medições elétricas com o auxílio de um multímetro digital.
- Descrever o comportamento da tensão e da corrente elétrica nas associações em série e em paralelo.
- Definir o conceito de curto-circuito nas associações em série e paralelo.
- Calcular a potência de uma lâmpada.
- Comparar as diferenças entre lâmpadas de LED e lâmpadas incandescentes.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As atividades experimentais desempenham um papel fundamental no ensino de física, pois oferecem aos alunos a oportunidade de vivenciarem conceitos abstratos de forma prática e concreta. Essas experiências proporcionam uma abordagem que estimula a curiosidade e participação dos alunos, e também promove uma compreensão mais profunda dos princípios físicos e desenvolve habilidades investigativas.

Ao realizar atividades experimentais, os alunos têm a chance de explorar fenômenos físicos em primeira mão, utilizando equipamentos e materiais reais. Isso permite que eles observem diretamente os fenômenos físicos envolvidos.

Segundo Pereira e Moreira (2017) existe uma necessidade de atividades prático-experimentais no processo de Ensino-Aprendizagem, pois a Física busca desvendar os mistérios da natureza. Para os autores, a Física é a ciência da experiência, uma vez que, muitos fenômenos da natureza podem ser reproduzidos por experimentos. Para esses autores, a Física não é apenas uma ciência teórica, mas sim uma disciplina que se fundamenta na experiência e na experimentação como meio essencial de compreensão do mundo natural. Nesse contexto, as atividades práticas e experimentais não são apenas complementares ao ensino teórico, mas sim parte integrante e indispensável do processo de aprendizagem, proporcionando aos alunos a oportunidade de explorarem fenômenos físicos em primeira mão, desenvolverem habilidades investigativas e adquirirem uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos físicos.

Partindo do conhecimento prévio dos educandos, adotamos a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, que pode ser amplamente aplicada no ensino de física devido à sua capacidade de promover uma aprendizagem profunda e duradoura dos conceitos científicos. Segundo Moreira e Mansini (2006), a aprendizagem ocorre de forma significativa quando novas informações são relacionadas de maneira não arbitrária e substantiva com o conhecimento prévio do aluno, ou seja, quando o novo conhecimento é integrado e incorporado de forma coerente e relevante à estrutura cognitiva existente.

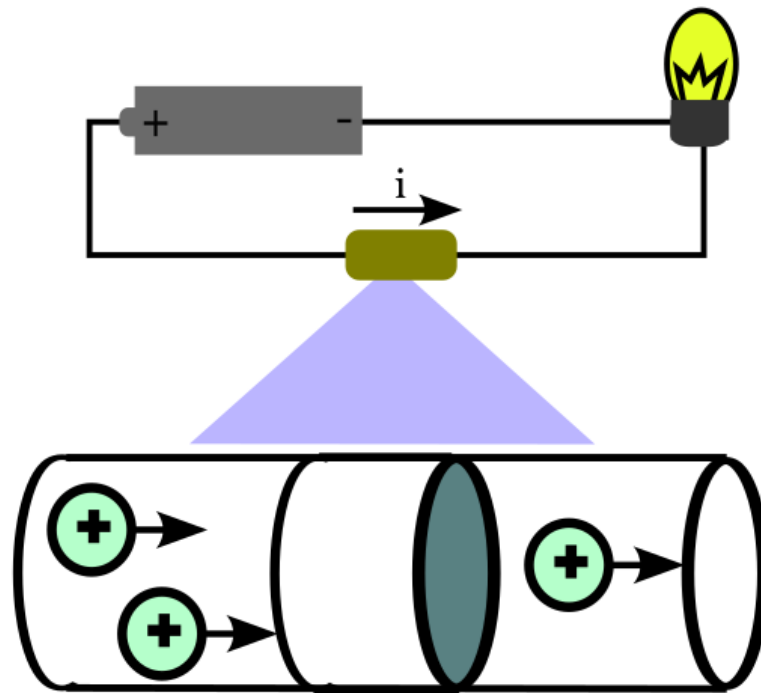
No contexto do ensino de física, a aplicação da aprendizagem significativa implica em apresentar os conceitos físicos de forma a relacioná-los com a experiência prévia e o conhecimento cotidiano dos alunos. Isso pode ser feito por meio de exemplos concretos,

analogias, experimentos práticos (nosso caso) e aplicações do conhecimento em situações reais. Ao estabelecer conexões entre os novos conceitos físicos e os conhecimentos já existentes dos alunos, a aprendizagem torna-se mais relevante e compreensível, permitindo que os alunos construam um entendimento mais profundo e abrangente da física.

4 DEFINIÇÃO PRÉVIA DOS CONTEÚDOS

Corrente elétrica é o movimento ordenado, isto é, com direção e sentido preferenciais, de portadores de carga elétrica (BISCUOLA; BÔAS; DOCA, 2012).

Figura 1 – Movimento dos portadores de Carga.



Fonte: Próprio autor

A corrente elétrica é expressa como

$$i = \frac{q}{\Delta t} \quad (1)$$

4.1 Efeito Joule

Quando um material condutor é submetido a uma diferença de potencial, surge nesse condutor uma corrente elétrica. A movimentação dos elétrons sofre uma certa resistência do material, fazendo com que haja dissipação de energia na forma de calor, esse fenômeno é conhecido como efeito Joule.

4.2 Resistores

Resistores são dispositivos amplamente utilizados na eletrônica e sua principal função é converter energia elétrica em calor (efeito Joule), mas há outras funções para os resistores, tais como: reduzir tensão, proteção de circuitos sensíveis, dentre outros.

A unidade de medida de resistência elétrica é o Ohm (Ω). A figura 2 traz a simbologia dos resistores.

Figura 2 – Simbologia de resistores



Fonte: Próprio autor

A resistência elétrica pode ser definida como a razão entre a diferença de potencial em que o resistor está submetido e a corrente elétrica que o atravessa.

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

Esses dispositivos podem ser combinados em série, paralelo e de forma mista, de acordo com as necessidades do circuito elétrico. A associação de resistores é abordada com mais detalhes na dissertação desse trabalho.

4.2.1 Associação de Resistores em série

Dois ou mais resistores estão conectados em série quando a corrente elétrica que passa por todos os resistores é a mesma.

A resistência equivalente em série pode ser escrita como

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i \quad (3)$$

4.2.2 Associação de Resistores em paralelo

Dois ou mais resistores estão conectados em paralelo quando a corrente elétrica possui mais de um caminho para seguir.

A resistência equivalente em paralelo pode ser escrita como

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad (4)$$

Para dois resistores em paralelo, a equação 4 pode ser escrita como

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

4.3 Potência elétrica

A potência elétrica de um dispositivo elétrico é a razão entre a energia elétrica e o intervalo de tempo. Através de manipulações algébricas, que não é o objetivo desse trabalho, podemos chegar na expressão a seguir para a potência elétrica.

$$P = U \cdot i \quad (6)$$

Utilizando a primeira lei de Ohm $U = R \cdot i$, podemos chegar a outras expressões para a potência elétrica, como:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (7)$$

e

$$P = i^2 \cdot R. \quad (8)$$

5 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O roteiro das aulas trabalhadas em classe, com o auxílio da maquete e outras ferramentas é abordado nessa sessão. Assim como os questionários e testes que foram aplicados nas aulas lecionadas durante o projeto.

Etapa 1 – Aplicação do pré-teste

Quantidade de aulas: 01

Tempo de aula: 50 minutos Objetivos:

- Observar o conhecimento prévio dos educandos sobre eletrodinâmica e resistores.

Descrição da atividade: Nessa etapa foi aplicado um pré-teste constituído de 4 questões abertas, cuja respostas foram analisadas pra dar início às aulas sobre o tema do trabalho. Abaixo as questões que foram trabalhadas no pré-teste.

1. O que são resistores?
2. Cite aplicações dos resistores no seu cotidiano.
3. Qual a unidade de medida de resistência elétrica?
4. Desenhe um circuito em série.
5. Desenhe um circuito em paralelo.
6. Qual a principal função dos resistores?

Etapa 2 – Aulas baseadas nos conhecimentos prévios

Quantidade de aulas: 03

Tempo de aula: 50 minutos

Objetivos:

- Definir o conceito de corrente elétrica;
- Definir o conceito de um resistor;
- Descrever a primeira lei de Ohm;
- Associar potência elétrica com a primeira lei de Ohm.
- Calcular a resistência equivalente nas associações de resistores em série, paralelo e mista.

Etapa 3 – Intervenção com a maquete

Quantidade de aulas: 02

Tempo de aula: 50 minutos.

Objetivos:

- Calcular diferença de potencial nas associações em série, paralelo e mista;
- Observar o fenômeno de curto circuito nas associações de resistores;
- Manusear multímetro digital e termômetro;
- Compreender o comportamento da corrente elétrica nas associações;
- Associar o rendimento das lâmpadas nas associações.
- Observar o efeito joule;

Descrição da atividade: Nessa etapa os alunos tiveram a oportunidade de interagir com a maquete, colocar as lâmpadas nos devidos lugares, ligar o circuito e fazer as medições das grandezas físicas envolvidas, trocar uma lâmpada funcionando normalmente por outra lâmpada com defeito para simular um curto circuito, eles também tiveram a oportunidade de manusear um multímetro e um termômetro. Para realização dessa etapa, os estudantes foram divididos em 3 grupos.

Ainda nessa etapa, os alunos tiveram acesso a uma pequena atividade para responderem de acordo com o que observam ao manusear a maquete. Logo abaixo, as questões que foram trabalhadas nessas aulas.

Atividade prática

1. Expresse o comportamento das lâmpadas ao ser retirada uma lâmpada:
 - a. Série.
 - b. Paralelo
2. Em qual das associações (série e paralelo) o brilho das lâmpadas é mais intenso?
3. Expresse o comportamento da corrente e da diferença de potencial nas associações em série e paralelo.
4. Descreva o comportamento das lâmpadas (LED e incandescente) antes de serem ligadas e alguns minutos depois de serem ligadas.

Etapa 4 – Aplicação do pós-teste

Quantidade de aulas: 01.

Tempo de aula: 50 minutos.

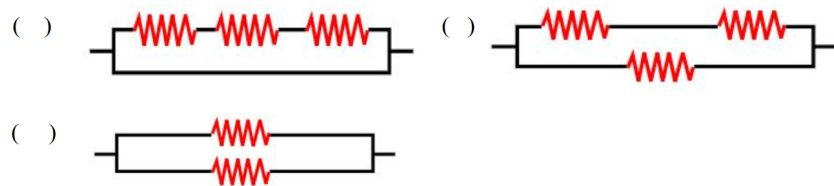
Objetivos:

- Coletar as respostas dos alunos no teste aplicado para analisar os resultados.

Descrição da atividade: Essa etapa foi aplicado um pós-teste, similar ao pré-teste, com algumas alterações.

PÓS-TESTE

1. O que são resistores?
2. Cite aplicações de resistores no seu cotidiano.
3. Qual a unidade de medida de resistores?
4. Classifique o circuito em série (S), paralelo (P) e misto (M).



5. Qual a principal função dos resistores?
 - a. Controlar a velocidade dos motores elétricos.
 - b. Regular a intensidade da luz em lâmpadas incandescentes.
 - c. Amplificar o sinal de áudio em sistemas de alto-falantes.
 - d. Armazenar energia em dispositivos eletrônicos.
 - e. Limitar o fluxo de corrente elétrica em um circuito e converter energia elétrica em calor por meio do efeito Joule.
6. Qual é o comportamento da corrente elétrica nas associações em série e paralelo?
 - a. Nas associações em série, a corrente elétrica é igual em todos os resistores, enquanto nas associações em paralelo, a corrente elétrica se divide entre os resistores.
 - b. Nas associações em série, a corrente elétrica diminui em resistores com maior resistência, enquanto nas associações em paralelo, a corrente elétrica aumenta em resistores com maior resistência.

- c. Nas associações em série, a corrente elétrica aumenta conforme a resistência dos resistores diminui, enquanto nas associações em paralelo, a corrente elétrica é menor em resistores com maior resistência.
 - d. Nas associações em série, a corrente elétrica é maior no resistor com menor resistência, enquanto nas associações em paralelo, a corrente elétrica é igual em todos os resistores.
 - e. Nas associações em série, a corrente elétrica varia conforme a tensão total aplicada no circuito, enquanto nas associações em paralelo, a corrente elétrica é a mesma em todos os resistores.
7. Qual é o comportamento da tensão elétrica nas associações em série e paralelo?
- a. Nas associações em série, a tensão elétrica total se divide entre os resistores, enquanto nas associações em paralelo, a tensão elétrica total é igual em todos os resistores.
 - b. Nas associações em série, a tensão elétrica é proporcional à resistência de cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a tensão elétrica é a mesma em todos os resistores.
 - c. Nas associações em série, a tensão elétrica diminui nos resistores de menor resistência, enquanto nas associações em paralelo, a tensão elétrica é maior nos resistores de maior resistência.
 - d. Nas associações em série, a tensão elétrica é maior no resistor com maior resistência, enquanto nas associações em paralelo, a tensão elétrica é distribuída entre os resistores proporcionalmente à sua resistência.
 - e. Nas associações em série, a tensão elétrica é inversamente proporcional à resistência de cada resistor, enquanto nas associações em paralelo, a tensão elétrica é maior quando a corrente elétrica é maior.

Etapa 5 - Pesquisa de Satisfação

Quantidade de aulas: 01.

Tempo de duração: 50 minutos.

Objetivos: Ouvir a opinião dos alunos sobre as atividades desenvolvidas durante a aplicação do produto educacional.

Descrição da atividade: Foi conversado em sala que os estudantes seriam submetidos a uma pesquisa de satisfação, um formulário google, para ser respondido fora do ambiente escolar. Os alunos foram orientados a ficar à vontade pra falar sobre o desenvolvimento

das atividades, ao final da aula, link do formulário via WhatsApp para os alunos que possuíam acesso à internet, para que respondessem em casa, sem a presença do professor.

O link com as perguntas pode ser acessado clicando no link: <https://forms.gle/SMF8zfDixDjaEP>.

O questionário dessa etapa foi constituído de cinco perguntas com cinco opções para o estudante selecionar. Ao todo, dezesseis estudantes participaram dessa pesquisa. A seguir as perguntas que foram aplicadas na pesquisa de satisfação.

Pesquisa de Satisfação

1. Você concorda que: “Atividades experimentais enriquecem a compreensão teórica dos conceitos abordados em sala de aula”?
☐ () Discordo totalmente
☐ () Discordo
☐ () Neutro
☐ () Concordo
☐ () concordo totalmente
2. Em sua opinião, quão eficazes são as atividades experimentais para consolidar o aprendizado prático em comparação com métodos de ensino mais tradicionais?
☐ () Muito menos eficazes
☐ () Menos eficazes
☐ () Neutro
☐ () Mais eficazes
☐ () Muito mais eficazes
3. Você acredita que as atividades experimentais são importantes para o desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos?
☐ () Discordo totalmente
☐ () Discordo
☐ () Neutro
☐ () Concordo
☐ () concordo totalmente
4. Em sua experiência, quão motivadoras são as atividades experimentais para os estudantes?
☐ () Nada motivadoras
☐ () Pouco motivadoras

- ☐ Neutro
 - ☐ Motivadoras
 - ☐ Muito motivadoras
5. Considerando a logística envolvida (maquete com lâmpadas), o tempo e os recursos necessários, em que medida você concorda que as atividades experimentais são viáveis de serem implementadas de maneira eficiente em um ambiente educacional?
- ☐ Discordo totalmente
 - ☐ Discordo
 - ☐ Neutro
 - ☐ Concordo
 - ☐ Concordo totalmente

6 CONFECÇÃO DA MAQUETE

Materiais:

Tabela 1 – Preço dos materiais utilizados no trabalho.

Materiais	Quantidade	Preço Médio (R\$)
Lâmpada de farol de motocicleta	7	56,00
Fio de cobre (1,5 mm)	5 m	7,50
Soquete para farol de motocicleta	7	56,00
Tábua de madeira (45 x 30)	60 x 50	10,00
Parafuso 1,2 cm	7	0,70
Fonte 12 V	1	20,00
Multímetro digital	1	35,00
Termômetro infravermelho digital	1	60,00
Chaves liga/desliga	3	18,00
Total		263,20

Os preços dos produtos utilizados neste trabalho podem variar de acordo com a região. Uma forma de economizar no projeto seria utilizar madeira reciclável, como pedaços de guarda-roupa ou de outros móveis.

Inicialmente faça as marcações de onde será instalado os soquetes das lâmpadas, após a marcação, com o auxílio de uma furadeira e uma fina broca de madeira, faça os furos nos locais indicados. É importante que haja uma distância mínima entre as bases dos soquetes. Com os furos para os soquetes finalizados, faça os furos para as chaves liga/desliga, para esse procedimento, é necessário utilizar uma broca grossa. As medidas não necessitam especificadas aqui pois, a maquete pode ser adaptada de acordo com as necessidades do professor que irá utilizá-la.

Com os furos realizados, é hora de preparar os soquetes pois algumas partes não serão aproveitadas. Observe a figura 3 dela só serão aproveitadas os fios para realizar as conexões entre as lâmpadas e o fio principal, a base para a lâmpada e os conectores dos fios, a figura 4 indica quais partes do soquete serão utilizadas. Com o auxílio de um alicate, descarte as partes desnecessárias.

Figura 3 – Soquete completo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 4 – Partes do soquete que serão utilizadas.

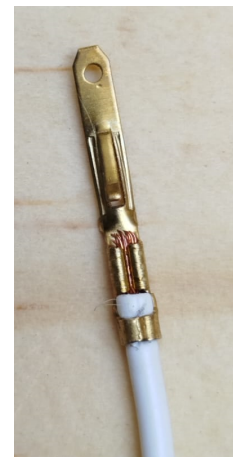
(a) Visão frontal.



(b) Visão superior.



(c) Conector do fio.

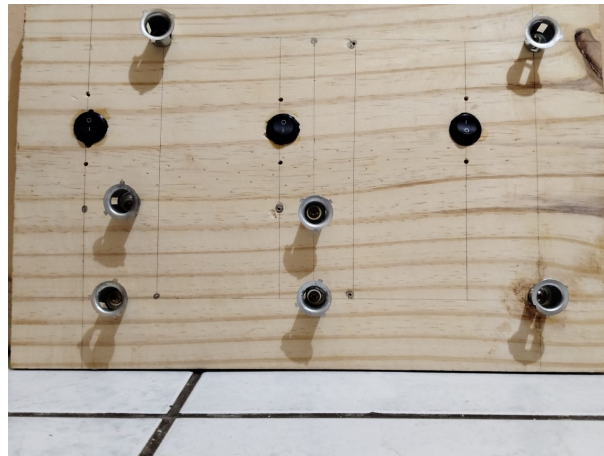


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Agora é hora de fixar as bases dos soquetes na tábua de madeira utilizando os parafusos e as chaves liga/desliga, observe a figura 5. Após conectar todos os soquetes e chaves, chega o momento de preparar as lâmpadas. Com o auxílio de um ferro de solda, fixe os fios nos terminais das lâmpadas, feito isso, conecte as lâmpadas nas bases dos soquetes e passe os fios pelas fendas presentes nos soquetes.

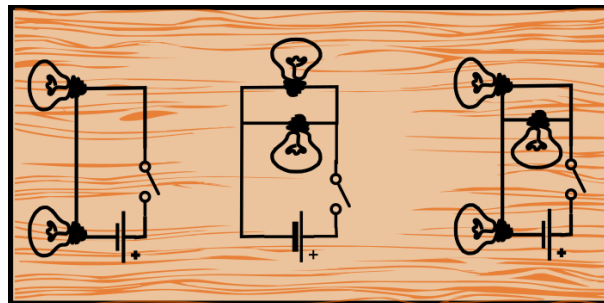
Depois de colocar todas as lâmpadas nos soquetes, faça a instalação principal com o fio de 1,5 mm. O esquema dos circuitos estão ilustrados na figura 6.

Figura 5 – Base com soquetes e chave instalados.



Elaborado pelo autor (2024).

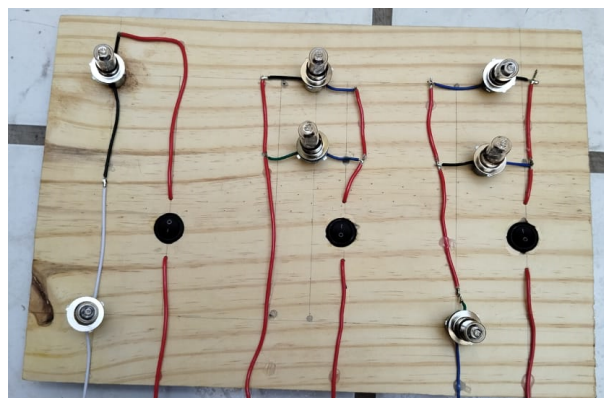
Figura 6 – Ilustração dos circuitos presentes na maquete.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após realizar todos os procedimentos, a maquete já pode ser testada, utilizando a fonte de 12 volts ou 20 volts para alimentar o circuito. Após montada, a maquete assumirá a forma da figura 7.

Figura 7 – Maquete finalizada.



Elaborado pelo autor (2024).

A chave liga/desliga utilizada na maquete é redonda, do tipo gangorra 2 pinos e 1 estagio.

Para realizar as medidas, conecte os fios dos circuitos a uma fonte de tensão de notebook ou de TV e, em seguida, acione a chave liga/desliga do circuito ao qual a fonte foi conectada. Com o auxílio de um multímetro digital, é possível realizar as medições de tensão. Para isso, ajuste o multímetro para a escala de corrente contínua e tensão de 20 V.

Após configurar o multímetro, posicione as pontas de prova nas aberturas laterais dos soquetes, conforme ilustrado na figura 4 b). Certifique-se de encostar as pontas de prova nos fios soldados às lâmpadas, uma em cada terminal. Repita esse procedimento para todas as lâmpadas do circuito e em cada uma das três associações e anote os resultados.

Após concluir as medições de tensão, utilize o termômetro digital para medir a temperatura das lâmpadas. Para isso, ligue os circuitos a uma fonte de tensão e acione a chave liga/desliga. Após alguns segundos com o circuito ligado, aponte o termômetro para as lâmpadas e pressione o botão de medição. Para garantir maior precisão, mantenha o termômetro próximo ao circuito durante a medição.

Com os dados coletados por meio do multímetro, é possível calcular a corrente que passa por cada um dos circuitos. Para isso, utilize a equação 6. Para determinar a potência das lâmpadas, utilize o valor indicado no rótulo das embalagens e considere a tensão fornecida pela fonte. Além disso, por meio das equações 7 e 8, é possível calcular a resistência das lâmpadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de maquete no ensino de associação de resistores desempenhou um papel crucial na compreensão dos conceitos elétricos. A maquete proporcionou uma representação visual tangível dos circuitos elétricos, tornando os conceitos abstratos mais concretos e acessíveis aos alunos.

Ao interagir com a maquete, os alunos puderam visualizar diretamente como os resistores são conectados em série ou em paralelo e como isso afeta o fluxo de corrente elétrica e a distribuição de tensão pelo circuito. Essa experiência prática permite que os alunos compreendam de forma mais clara os princípios fundamentais da eletricidade.

Além disso, a maquete ofereceu a oportunidade de os alunos realizarem experimentos e simulações, trocando as lâmpadas do circuito e observando as mudanças resultantes no comportamento do circuito. Isso promove a aprendizagem ativa e a resolução de problemas, incentivando os alunos a explorar e investigar por si mesmos.

Portanto, a utilização de maquetes no ensino de associação de resistores é uma ferramenta valiosa para ajudar os alunos a desenvolverem uma compreensão sólida e prática dos princípios elétricos. Essa abordagem envolvente e interativa promove uma aprendizagem significativa e prepara os alunos para enfrentarem desafios mais complexos na área da eletricidade.

Referências Bibliográficas

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. Tópicos de física 3. *São Paulo: Saraiva*, 2012. 10

MOREIRA, M.; MASINI, E. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. 2° ed. *São Paulo: Ed. Centauro*, 2006. 8

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. do A. Atividades prático-experimentais no ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, p. 265–277, 2017. 8

Apêndice A – PLANOS DE AULA

Plano de Aula – Aula 1

Dados

Unidade Escolar Cassiana Rocha.

Professor: Erivelton Vieira da Silva

Duração da aula: 50 minutos.

Conteúdo: Aplicação do pré-teste.

Componente Curricular: Física.

Objetivos

- Observar o conhecimento prévio dos educandos sobre eletrodinâmica e resistores.

Metodologia

Aplicação de questionário.

Recursos

Material impresso.

Avaliação

A avaliação ocorrerá mediante a resolução do pré-teste.

Referências

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. *Tópicos de Física*. 1º edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física*. 6ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Moderna, 1997.

Plano de Aula – Aulas 2, 3 e

Dados

Unidade Escolar Cassiana Rocha.

Professor: Erivelton Vieira da Silva

Duração da aula: 50 minutos cada.

Conteúdo: Corrente elétrica; 1ª lei de Ohm; Potência elétrica; Associação de resistores.

Componente Curricular: Física.

Objetivos

- Definir o conceito de corrente elétrica;
- Definir o conceito de um resistor;
- Descrever a primeira lei de Ohm;
- Associar potência elétrica com a primeira lei de Ohm.
- Calcular a resistência equivalente nas associações de resistores em série paralelo e mista.

Metodologia

Aulas expositivas e dialogada.

Recursos

Lousa e pincel.

Avaliação

A avaliação ocorrerá mediante participação das aulas.

Referências

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. *Tópicos de Física*. 1º edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física*. 6ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Moderna, 1997.

Plano de Aula – Aula 5 e 6

Dados

Unidade Escolar Cassiana Rocha.

Professor: Erivelton Vieira da Silva

Duração da aula: 50 minutos cada.

Conteúdo: Interação com a maquete.

Componente Curricular: Física.

Objetivos

- Calcular a diferença de potencial nas associações em série, paralelo e mista;
- Observar o fenômeno de curto-circuito nas associações de resistores;
- Manusear o multímetro digital e o termômetro;
- Compreender o comportamento da corrente elétrica nas diferentes associações;
- Relacionar o rendimento das lâmpadas em cada tipo de associação;
- Identificar o efeito Joule e suas implicações.

Metodologia

Aula prática com manuseio da maquete, utilizando multímetro digital para calcular a tensão e termômetro para mensurar a temperatura das lâmpadas.

Recursos

Maquete com lâmpadas;

Multímetro digital;

Termômetro digital infravermelho.

Avaliação

A avaliação ocorrerá mediante participação nas aulas.

Referências

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. *Tópicos de Física*. 1ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física*. 6^a edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Moderna, 1997.

Plano de Aula – Aula 7

Dados

Unidade Escolar Cassiana Rocha.

Professor: Erivelton Vieira da Silva

Duração da aula: 50 minutos.

Conteúdo: Aplicação do pós-teste.

Componente Curricular: Física.

Objetivos

Coletar as respostas dos nos alunos no teste aplicado para analisar os resultados.

Metodologia

Aplicação de questionário.

Recursos

Material impresso.

Avaliação

A avaliação ocorrerá mediante participação nas aulas e resolução da atividade passada em grupo.

Plano de Aula – Aula 7

Dados

Unidade Escolar Cassiana Rocha.

Professor: Erivelton Vieira da Silva

Duração da aula: 50 minutos.

Conteúdo: Aplicação da pesquisa de satisfação.

Componente Curricular: Física.

Objetivos

Ouvir a opinião dos alunos sobre as atividades desenvolvidas durante a aplicação do produto educacional.

Metodologia

Aplicação de questionário on-line. Disponível em:
<<https://forms.gle/w5BFAMguprWbDVaLA>>.

Recursos

Maquete com lâmpadas;

Multímetro digital;

Termômetro digital infravermelho.

Avaliação

A avaliação ocorrerá mediante resolução do formulário google.

Referências

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. *Tópicos de Física*. 1º edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física*. 6ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Moderna, 1997.